

DISEÑO DEL SISTEMA DE UN BLOQUE MOTOR 2 TIEMPOS PARA
MODELISMO DE COMBUSTIÓN INTERNA

ALEJANDRO URREGO LOPERA

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2008

DISEÑO DEL SISTEMA DE UN BLOQUE MOTOR 2 TIEMPOS PARA
MODELISMO DE COMBUSTIÓN INTERNA

ALEJANDRO URREGO LOPERA

Trabajo de grado para optar al
título de Ingeniero Mecánico

Asesor: Gabriel Jaime Páramo
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2008

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	9
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
2. ANTECEDENTES.....	11
3. JUSTIFICACIÓN.....	13
4. BENEFICIARIO DIRECTO.....	15
5. OBJETIVOS.....	16
5.1 OBJETIVO GENERAL	16
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
6. ALCANCE DEL PROYECTO.....	17
7. IMPORTANCIA DEL PROBLEMA DENTRO DE LA CARRERA	18
8. ESTADO DEL ARTE.....	19
8.1 PROCESOS DE MANUFACTURA	19
8.2 PROCESO DE FUNDICIÓN DE METALES.....	19
8.2.1 Proceso de fundición por arena	20
8.2.2 Proceso de fundición por cera pérdida	29
8.2.3 Proceso de fundición por coquilla	32
8.2.4 Proceso de fundición por inyección	32
8.2.5 Proceso de fundición centrífuga.....	33
8.3 MECÁNICA DE PRECISIÓN	34
8.3.1 Principio de funcionamiento	34
8.3.2 Programación en el control numérico	36
8.3.3 Programación manual.....	36
8.3.4. Programación automática	39
8.4 CÓMO FUNCIONA UN MOTOR "GLOW" DE DOS TIEMPOS	39
9. MODELADO DEL MOTOR DE 2 TIEMPOS DE COMBUSTIÓN INTERNA	45
10. PROCESO DE FUNDICIÓN DE ALUMINIO POR COQUILLA	48
11. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE GASES.....	51

12. MOLDE DE COQUILLA PARA LA FUNDICIÓN	54
13. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL PARA LA FUNDICIÓN DEL BLOQUE	57
13.1 PROPIEDADES DE LAS ALEACIONES ALUMINIO SILICIO.....	59
14. CARACTERÍSTICAS DE HORNOS PARA FUNDICIÓN	62
15. CONSIDERACIONES PARA LA FABRICACIÓN DE LOS MOLDES DE COQUILLA.....	64
15.1 MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DEL MOLDE DE COQUILLA	64
15.2 PRINCIPIOS PARA LOS CANALES DE ALIMENTACIÓN (COLADA).....	66
15.3 FUNCIÓN DE LAS PUERTAS (GATES).....	68
15.4 FUNCIÓN DE LOS CANALES ALIMENTADORES (MAZAROTAS).....	69
15.5 EVACUACIÓN DE GASES	71
15.6 CONTRACCIONES	71
16. DISEÑO DEL MOLDE BLOQUE MOTOR POR COQUILLA.....	74
16.1 CANALES DE ALIMENTACIÓN DEL BLOQUE MOTOR (COLADA)	75
16.2 CANALES DE ALIMENTACIÓN (MAZAROTA)	79
16.3 MODELADO DEL MOLDE DE COQUILLA PARA EL BLOQUE MOTOR.....	81
16.3.1. Molde izquierdo coquilla.....	81
16.3.2. Molde derecho coquilla	82
17. PARAMETRIZACIÓN DEL ANÁLISIS	84
18. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN	87
18.1 TEMPERATURAS DE LLENADO DEL MOLDE	87
18.2 VELOCIDAD DE LLENADO DEL MOLDE	89
18.3 DEFECTOS DE LA FUNDICIÓN	92
19. CAUSAS DE ERROR	94
20. CONCLUSIONES	95
BIBLIOGRAFÍA.....	97

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Fundición en arena para un bloque de un compresor	20
Ilustración 2. Secuencia para la fabricación del un molde en arena	21
Ilustración 3. Tipos de patrones utilizados en la fundición en arena	23
Ilustración 4. Utilización de corazones con sujetadores.....	24
Ilustración 5. Manufactura del corazón.	25
Ilustración 6. Pieza original	29
Ilustración 7. Limpieza moldes y vaciado de cera.....	29
Ilustración 8. Limpieza de irregularidades.....	30
Ilustración 9. Fabricación moldes cerámicos	30
Ilustración 10. Quema de cera	31
Ilustración 11. Vertimiento del material en este caso bronce.....	31
Ilustración 12. Costo de mecanizado	35
Ilustración 13. Despiece del tren de un motor clase Glow	40
Ilustración 14. Explosión de la mezcla P.M.S	41
Ilustración 15. Punto muerto inferior	43
Ilustración 16. Entrada de mezcla por la posición de la válvula en el cigüeñal.....	44
Ilustración 17. Render pistón	45
Ilustración 18. Render biela	46
Ilustración 19. Render cigüeñal.....	46
Ilustración 20. Render camisa pistón	47

Ilustración 21. Render ensamble motor en isométrico	47
Ilustración 22. Fundición con porosidad debida a los gases.....	51
Ilustración 23 Muestras de fundición con porosidades debida a los gases.....	52
Ilustración 24. Molde de coquilla para llenado pro gravedad	54
Ilustración 25. Diagrama de fases aluminio silicio.....	59
Ilustración 26. Fuentes para flujos del material fundido con el molde.....	67
Ilustración 27. Aéreas del alimentador de colada	68
Ilustración 28. Diagramas de mazarotas o respiraderos.....	70
Ilustración 29. Diagrama de fases aluminio	72
Ilustración 30. Render del bloque motor en isométrico	75
Ilustración 31. Velocidad de un fluido por gravedad	76
Ilustración 32. Render Canales de alimentación colada	78
Ilustración 33. Determinación del volumen de la mazarota.....	79
Ilustración 34. Render Mazarotas de material para enfriamiento.....	80
Ilustración 35. Render molde izquierdo del bloque motor	81
Ilustración 36. Render de zonas de ángulos.....	82
Ilustración 37. Render molde derecho del bloque motor.....	82
Ilustración 38. Render de zonas de ángulos.....	83
Ilustración 39. Información llenado del molde.	84
Ilustración 40. Información del molde permanente.	85
Ilustración 41. Cambio volumétrico y porcentaje sólido VS la temperatura	86
Ilustración 42. Temperaturas de llenado por medio de SOLIDcast.....	87
Ilustración 43. Velocidades de llenado por medio de SOLIDcast.....	90

Ilustración 44. Presiones dentro del molde SOLIDcast.....	92
Ilustración 45. Defectos de la solidificación.	93

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Revestimiento de los moldes para fundiciones no ferrosas	56
Tabla 2. Propiedades del aluminio para fundiciones con silicio	58
Tabla 3. Propiedades aceros AISI H13.....	65
Tabla 4. Contracción de los materiales.....	73

INTRODUCCIÓN

Desde los primeros tiempos en que la humanidad ha utilizado materiales para su beneficio propio y tener herramientas que mejoran cada vez la calidad de vida se ha venido mejorando con el tiempo su manufactura y su calidad ha llegado hasta los estándares que conocemos hoy en día.

Mostrar como es el desarrollo de un molde que modela un objeto funcional, este debe incluir una idea clara del proceso de manufactura ya que requiere todo los avances y desarrollos en el área del diseño.

En este documento se encontraran como diseñar un molde para la fundición de un bloque motor por medio de coquillas, antes de realizar el diseño del molde se mostraran las bases que se encuentran actualmente para la fabricación de moldes para tener las mejores decisiones al momento de diseñar el molde, se apoyara después del diseño en base a una simulación computacional para comprobar el comportamiento de este y así estar más seguros de los resultados encontrados.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Dentro de la manufactura actual mundial se esta llegando a estándares altos de precisión que no se pensaban hace 2 décadas, esto se va logrando con maquinas de control numérico basados en programas CAD para el diseño de mecanizados de piezas de tamaños reducidos generando una gran complejidad en la manufactura de los mismos como ocurre en este caso del diseño del bloque motor de combustión interna para modalismo.

Este proyecto beneficiara los estudios del diseño de piezas fundidas que se lleva a cabo en el área de manufactura de la universidad como en este caso un bloque motor de combustión interna para modalismo dando un comienzo para la continuación de maquinas con tamaños reducidos y gran precisión.

Para realizar este proyecto, se cuenta con bases académicas muy sólidas, amplios conocimientos del tema manufactura y diseño CAM y CAD, con la experiencia de haber realizado proyectos donde se han aplicado estos conocimientos. Además, contamos con el apoyo de expertos que darán asesoría en el tema de diseño del Bloque motor de combustión interna para modelismo.

Por medio de la reingeniería tenemos la posibilidad de avanzar en muchos aspectos de diseño y poder pasar a un nivel de simulación avanzada del comportamiento del por ceso de fundición del bloque motor buscando alcanzar los mismos resultados de calidad que el modelo original.

2. ANTECEDENTES

La primera producción de piezas mecánicas intercambiables data de fines de siglo XVIII cuando Eli Whithney debió fabricar diez mil fusibles para el gobierno de los Estados Unidos. Hasta entonces toda la producción mecánica estaba en manos de expertos artesanos que fabricaban, uno por uno, todos los componentes de un determinado mecanismo, y los ensamblaban mediante pacientes trabajos de ajuste. Sin considerar la baja productividad del procedimiento, ello generaba problemas prácticamente insolubles cuando las labores de mantenimiento o reparación requerían el cambio de piezas.

Para superar esos problemas Withney concibió la idea de producir piezas de maquina de dimensiones exactas.

La producción de piezas de dimensiones precisas y, por ende, la ínter cambiabilidad, constituyeron uno de los fundamentos del notable éxito obtenido en la producción en masa de automóviles. Esta fue debida, en gran parte, al genio Henry Ford, quien en 1913 implanta su primera y revolucionaria línea de montaje.

La metodología técnica no consiste en indicar, como antiguamente, la dimensión de una pieza solo por su valor nominal, sino en indicar los valores o cotas límites admisibles entre las cuales debe hallarse comprendida la dimensión efectiva resultante del proceso de fabricación. La diferencia entre las dos cotas señaladas recibe el nombre de tolerancia.

La creciente demanda de precisión significo una constante disminución de las tolerancias de fabricación.

A partir de la década del sesenta la precisión dimensional ha alcanzado el nivel increíble de las décimas y centésimas de micrón, configurando una verdadera tecnología de la ultra precisión. Es el caso de algunos de los componentes críticos de los sistemas de guía de los vehículos espaciales, especificados con tolerancias del orden de las dos centésimas de micrón.

Asimismo debe tenerse presente que, muchas veces, piezas fabricadas con esas altísimas precisiones forman parte de mecanismos con funciones muy delicadas, cumplidas a alta velocidades durante miles de horas.(@Monogracias.com, 2008)

3. JUSTIFICACIÓN

Por medio de las asignaturas que se cursan a través de la carrera se va observando cómo los proyectos van tomando mas complejidad en relación al grado de nivel del estudiante universitario por este motivo su compromiso y resultado también debe ser del mismo nivel, por este motivo se propone la manufactura de un producto complejo y de alta precisión que conlleva gran tiempo de ejecución y desarrollo.

Se parte de unos conocimientos básicos y se estructuro para la toma estructural de forma y medidas conocido como reingeniería en el área de manufactura de un bloque de motor de combustión interna

El proyecto empieza desde lo más básico en manufactura su estudio de composición del material óptimo para el funcionamiento seguro de los componentes internos del motor, viéndose involucrados los procesos manufactureros usados industrialmente como son fundiciones, maquinados de precisión.

El proceso de fundición de aleaciones no ferrosas por medio de moldes permanentes o coquilla, es uno de los procesos mas tecnificados para la fabricación de piezas a escala industrial de buena calidad que en nuestro medio, en su mayoría va ligado de una buena experiencia del operario que hacen el proceso de llenado de los moldes.

Es importante saber que la información que se posee actualmente en Colombia para la fabricación de moldes en coquilla está muy limitada y no se han hecho buenas documentaciones sobre estos tipos de moldes, por esto es importante ahondar en este campo de gran importancia para la manufactura de piezas de gran precisión, buena calidad y de alta producción masiva, por esto se utilizara

programas de gran exactitud de resultados mostrando llenado de fundiciones en moldes permanentes.

4. BENEFICIARIO DIRECTO

El beneficiario directo de este proyecto se encuentra el área de manufactura de la universidad EAFIT debido a su gran capacidad de llevar a cabo estos proyectos por sus complejos y avanzados laboratorios con los que se cuentan con una gran tecnología de avanzada para llevar hacer realidad estos procesos de fabricación, esto se conoce como reingeniería y se viene presentado ya hace varios años de realizar maquinas cada vez más complejas en tamaño y rango mínimo de tolerancias llevando a un gran desafío para el estudiante como para el área de manufactura.

Este proyecto conlleva un aprendizaje a medida que se realiza debido la gran expectativa que genera tener un alto grado de calidad en acoples de ensambles con maquinaria de precisión, constituyendo una gran experiencia en el ámbito de la precisión.

El estudiante por su parte podrá poner en práctica lo aprendido en el transcurso de su carrera con asignaturas que proporcionan las bases de temas tales como diseño CAD y manufactura, esto beneficia al alumno en su capacidad de comprender mas estos procesos llevando a cabo los objetivos.

Por medio de la reingeniería de producción se abre un mercado nuevo para la fabricación local de piezas de alto nivel de precisión y de alto costo por motivos de transporte desde otros países, haciendo un buen atractivo en el ámbito local donde cada día tiene más acogida estos motores.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un molde de coquilla para un bloque motor de combustión interna de 2 tiempos para modelista que se ensambla con competentes comerciales. Aplicando los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera de ingeniería mecánica.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realiza a partir de la ingeniería inversa (reingeniería) la obtención de un modelo de alta calidad y precisión.
- Determinar el proceso de fundición adecuado para el bloque motor de combustión interna de un motor 2 tiempos.
- Realizar el ensamble 3D y los ajustes pertinentes para el movimiento del motor.
- Identificar las herramientas CAE de uso comercial(software) y su alcance, para los procesos de fundición de metales
- Recopilar, en forma de memorias, toda la información necesaria involucrada en el proceso del sistema de manufactura, así como sus conclusiones y recomendaciones de los principales resultados obtenidos para futuros trabajos

6. ALCANCE DEL PROYECTO

EL proyecto se planteo en forma que la reingeniería en base a solo la manufactura mas no en cálculos termodinámicos o dinámicos debido a que este se basara básicamente en la toma de forma con base a una muestra que se posee, el cual posee un excelente terminado en cuanto a tolerancias como en su geometría.

Un ventaja a futuro es la gran comercialización de piezas para estos motores que poseen un costo elevado y de difícil adquisición, abriendo un gran campo local para poder generar un mercado nuevo de partes nacionales de motores de combustión interna de 2 tiempos en el modelismo empezando con la manufactura del bloque del motor.

Al cumplir los objetivos propuestos anteriormente, se obtiene una pieza de gran precisión; a su vez, a manera de memoria, se entrega un documento escrito y en formato digital que incluye los planos, fotos, videos y procedimientos que fueron necesarios para la realización de la pieza.

7. IMPORTANCIA DEL PROBLEMA DENTRO DE LA CARRERA

Con lo realizado anteriormente en la materia de “Procesos de Manufactura “y lo aprendido en las demás materias a lo largo de la carrera; se propone diseñar un objeto de la vida real bajo un esquema innovador, sin descuidar parámetros requeridos para que el artefacto sea eficaz y a alta precisión para un ensamble optimo de sus partes restantes tales como cigüeñal, pistón, camisa pistón, carburador.

Entre las asignaturas vistas en el transcurso de la carrera y que se pueden aplicar en el proyecto, tenemos: dibujo técnico, para realizar los planos; procesos de manufactura, para la los procesos involucrados de fundición del producto, hay otras materias que son muy útiles como: Preparación de proyectos, debido a que este es un proyecto a escala que posee un gran potencial en la investigación en la universidad en el área de reingeniería.

8. ESTADO DEL ARTE

8.1 PROCESOS DE MANUFACTURA

Los procesos de manufactura han servido desde los inicios de la industrialización en la mejora de los productos por medio de diferentes formas de transformar las materias primas en productos funcionales de gran consumo o por el contrario en productos de segundo plano como los son productos de uso solo industrial que no salen a la venta comercial sino que se especializan en la maquinaria industrial.

Para la realización de un producto no hay una única forma en hacer las cosas existen varios caminos los cuales se deben decidir en la manufacturación de un producto, estas decisiones se toman más enfocadas a cómo sea su manufactura mas económica y con un mejor grado de precisión, debido a esto se debe tomar una concientización de los procesos manufactureros y de cómo influyen en el producto final haciendo estudios de costos y tiempos de fabricación, para obtener un proceso de fabricación que de buenos resultados al sacar el molde para su fabricación se estudia la posibilidad de hacerlo por el método de coquilla que da muy buenos resultados, a continuación se describirán los procesos existentes de los cuales se fabrican las piezas por medio de métodos de fundición.

8.2 PROCESO DE FUNDICIÓN DE METALES

Los procesos de fundición del metal se dividen en dos categorías de acuerdo al tipo de moldes 1) moldes desechables y 2) moldes permanentes. En las operaciones de fundición con molde desechable. éste se destruye para remover la parte fundida, como se requiere un nuevo molde por cada nueva fundición, las velocidades de producción son limitadas, ya que se requiere mas tiempo para hacer el molde que para la fundición en si. sin embargo, para ciertas partes se pueden producir moldes y fundiciones a velocidades de 400 partes por hora o

mayores. En los procesos de moldeo permanente, el molde se fabrica con metal (u otro material durable) que permite usarlos en repetidas operaciones de fundición. En consecuencia, estos procesos tienen una ventaja natural para mayores velocidades de producción.

8.2.1 Proceso de fundición por arena

La fundición en arena es el proceso más utilizado, la producción por medio de este método representa la mayor parte del tonelaje total de fundición. Casi todas las aleaciones pueden fundirse en arena; de hecho, es uno de los pocos procesos que pueden usarse para metales con altas temperaturas de fusión, como son el acero, el níquel y el titanio. Su versatilidad permite fundir partes muy pequeñas o muy grandes (véase la ilustración 1) y en cantidades de producción que van de una pieza a millones de estas

Ilustración 1. Fundición en arena para un bloque de un compresor

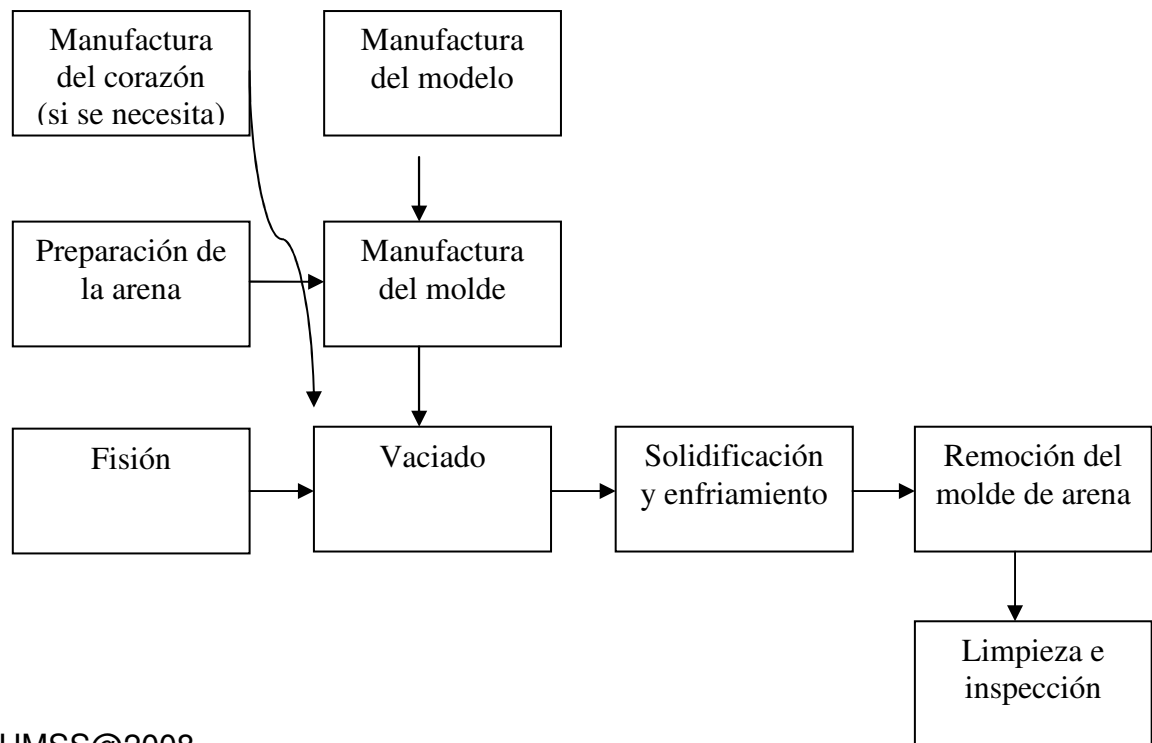


UMSS@2008

La fundición en arena consiste en vaciar el metal fundido a un molde de arena, dejarlo solidifica; y romper después el molde para remover la fundición. Posteriormente la fundición pasa por un proceso de limpieza e inspección, pero en ocasiones requiere un tratamiento térmico para mejora! sus propiedades metalúrgicas.

En esta breve descripción se puede observa; que la fundición en arena no solamente incluye operaciones de fundición, sino también la fabricación de modelos y manufactura de moldes. La secuencia se muestra en la figura 2

Ilustración 2. Secuencia para la fabricación del un molde en arena



UMSS@2008

8.2.1.1 Modelos y corazones. La fundición en arena requiere un *patrón o modelo* al tamaño de la pieza final, ligeramente agrandado, tomando en consideración la contracción y las tolerancias para el maquinado de la pieza final. Los materiales que se usan para hacer estos modelos incluyen la madera, los plásticos y los metales. La madera es un material común para modelos, por la facilidad de trabajarla y darle forma. Sus desventajas son la tendencia a la torsión y al desgaste por la abrasión de la arena que se compacta a su alrededor, lo cual limita el número de veces que puede usarse. Los modelos de metal son más costosos pero duran más. Los plásticos representan un término medio entre la madera y los metales. La selección del material apropiado para patrones o modelos depende en gran parte de la cantidad total de piezas a producir.

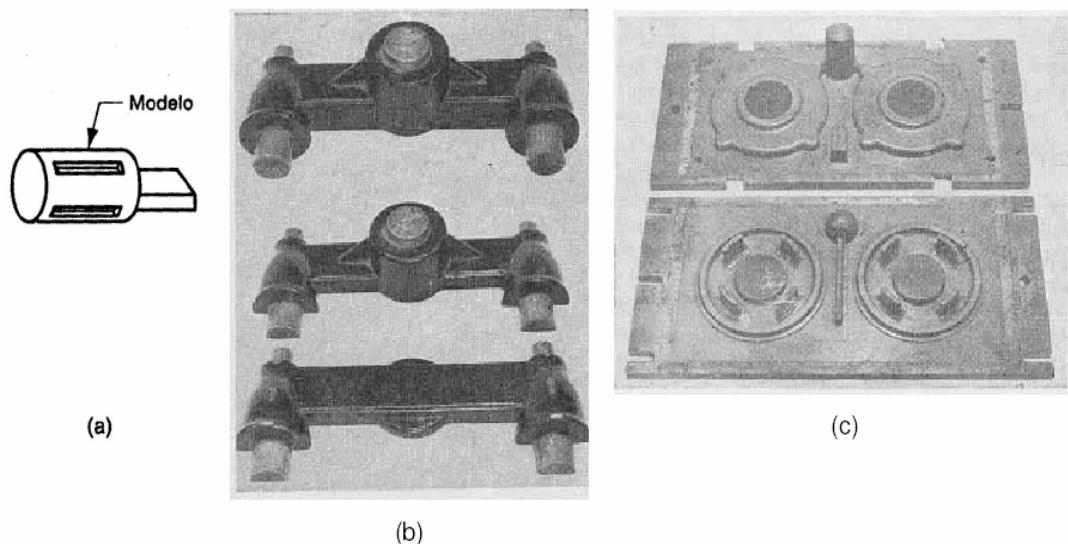
Hay varios tipos de modelos, como se ilustra en la figura 3. El más simple está hecho de una pieza, llamado *modelo sólido*, que tiene la misma forma de la fundición y los ajustes en tamaño por contracción y maquinado. Su manufactura es fácil, pero la complicación surge cuando se utiliza para hacer el molde de arena. Determinar la Idealización del plano de separación entre las dos mitades del molde e incorporar el sistema de vaciado y el vertedero de colada para un modelo sólido, puede ser un problema que se dejará al juicio y habilidad del operario del taller de fundición. Por tanto, los modelos sólidos se usan solamente en producciones de muy baja cantidad.

Los *modelos divididos* constan de dos piezas que separan la pieza a lo largo de un plano, éste coincide con el plano de separación del molde. Los modelos divididos son apropiados para partes de forma compleja y cantidades modeladas de producción. El plano de separación del molde queda predeterminado por las dos mitades del molde, más que por el juicio del operador.

Para altos volúmenes de producción se emplean los modelos con placa de acoplamiento o los modelos *de doble placa* (superior e inferior). En un modelo con

placa de acoplamiento, las dos piezas del modelo dividido se adhieren a los lados opuestos de una placa de madera o metal. Los agujeros de la placa permiten una alineación precisa entre la parte superior y el fondo (*cope y drag*) del molde. Los modelos con *doble placa de acoplamiento* son similares a los patrones con una placa, excepto que las mitades del patrón dividido se pegan a placas separadas, de manera que las secciones de la parte superior e inferior del molde se puedan fabricar independientemente, en lugar de usar la misma herramienta para ambas.

Ilustración 3. Tipos de patrones utilizados en la fundición en arena



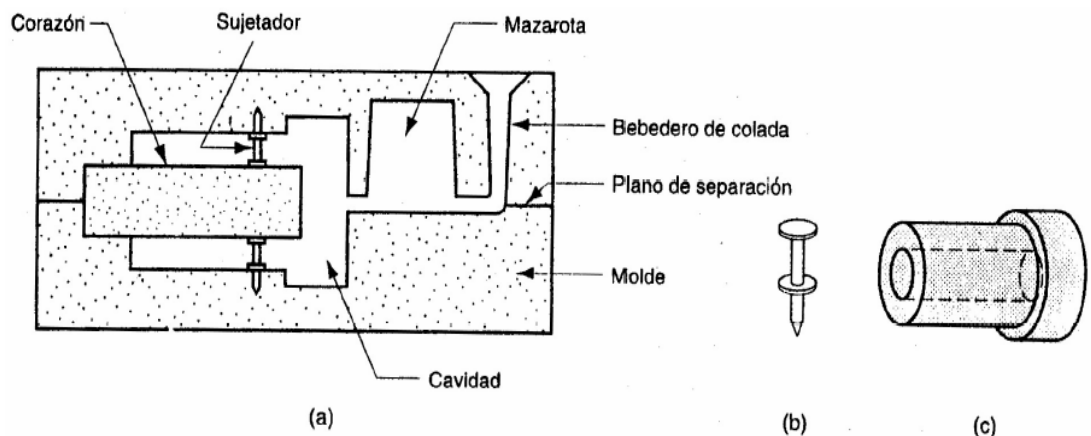
UMSS@2008

En la figura anterior podemos ver los tipos de patrones de fundición de arena más utilizados (a) Moldeo sólido, (b) Modelo dividido, (c) Modelo con placa de acoplamiento.

Los patrones definen la forma externa de la fundición. Si posee superficies internas, se necesita un corazón para definirlas. Un *corazón* es un modelo de tamaño natural de las superficies interiores de la parte. El corazón se inserta en la

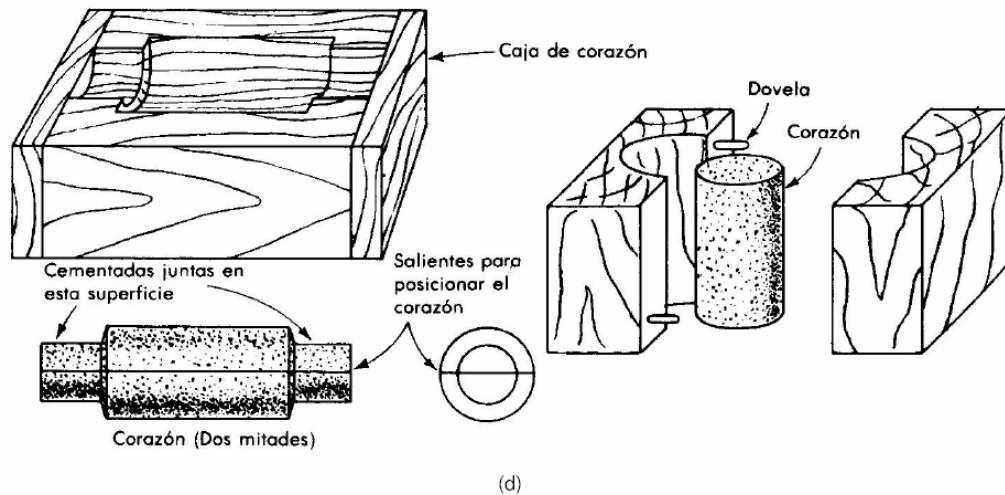
cavidad del molde antes del vaciado, para que al fluir el metal fundido. solidifique entre la cavidad del molde y el corazón, formando así las superficies externas e internas de la fundición. El corazón se hace generalmente de arena compactada. El tamaño real del corazón debe incluir las tolerancias para contracción y maquinado lo mismo que el patrón. El corazón. Dependiendo de la forma, puede o no requerir soportes que lo mantengan en posición en la cavidad del molde durante el vaciado. Estos soportes, llamados *sujetadores*, se hacen de un metal cuya temperatura de fusión sea mayor que la de la pieza a fundir. Por ejemplo, para fundiciones de hierro colado se usan sujetadores de acero. Los sujetadores quedan atrapados en la fundición durante el vaciado y la solidificación. En la figura 4 se muestra un posible arreglo del corazón usando sujetadores. La porción de los sujetadores que sobresalen de la fundición se recortan después. (UMSS@2008)

Ilustración 4. Utilización de corazones con sujetadores.



UMSS@2008

Ilustración 5. Manufactura del corazón.



UMSS@2008

En la anteriores figuras se describe a continuación:(a) corazón mantenido en su lugar dentro de la cavidad del molde por los sujetadores (b) Diseño posible del sujetador (c) Fundición con cavidad interna (d) manufactura del corazón

8.2.1.2 Moldes y fabricación de moldes de arena. El molde es una cavidad que tiene la forma geométrica de la pieza que se va fundir. La arena de fundición es sílice (SiO_2) o sílice mezclada con otros minerales. Esta arena debe tener buenas propiedades refractarias, expresadas como la capacidad de resistir altas temperaturas sin fundirse o degradarse. Otras características importantes son: el tamaño del grano, la distribución de tamaños del grano en la mezcla y la forma de los granos. Los granos pequeños proporcionan mejor acabado superficial en la fundición, pero los granos grandes son más permeables, para que los gases escapen durante el vaciado. Los moldes hechos de granos irregulares tienden a ser más fuertes que los moldes de granos redondos debido al entrelazado de los granos, pero esto tiende a restringir la permeabilidad.

En la fabricación del molde, los granos de arena se aglutinan por medio de una mezcla de agua y arcilla. La proporción típica (en volumen) es 90% de arena, 3% de agua y 7% de arcilla. Se pueden usar otros agentes aglutinantes en lugar de la arcilla, como resinas orgánicas (por ejemplo resinas fenólicas) y aglutinantes inorgánicos (por ejemplo, silicato y fosfato de sodio). Algunas veces se añaden a la mezcla de arena y aglutinante ciertos aditivos para mejorar las propiedades del molde como la resistencia y permeabilidad.

En el método tradicional para forma; la cavidad del molde se compacta la arena alrededor del modelo en la parte superior e inferior de un recipiente llamado *caja de moldeo*. El proceso de empaque se realiza por varios métodos. El más simple es el apisonado a mano realizado manualmente por un operario. Además, se han desarrollado varias máquinas para mecanizar el procedimiento de empackado, las cuales operan por medio de los siguientes mecanismos: 1) compactación de la arena alrededor del patrón o modelo mediante presión neumática; 2) acción de sacudimiento, dejando caer repetidamente la arena contenida en la caja junto al modelo, a fin de compactarla en su lugar; y 3) lanzamiento, haciendo que los granos de arena se impacten contra el patrón a alta velocidad.

Una alternativa a las cajas tradicionales para moldes de arena es el moldeo sin caja, que consiste en el uso de una caja maestra en un sistema mecanizado de producción de moldes. Cada molde de arena se produce usando la misma caja maestra. Se estima que la producción por este método automatizado puede ascender hasta seiscientos moldes por hora.

Se usan varios indicadores para determinar la calidad de la arena para el molde: 1) resistencia, capacidad del molde para mantener su forma y soportar la erosión causada por el flujo del metal líquido, depende del tamaño del grano, las cualidades adhesivas del aglutinante y otros factores; 2) *permeabilidad*, capacidad del molde para permitir que el aire caliente y los gases de fundición pasen a través

de los poros de la arena; 3) *estabilidad térmica*, capacidad de la arena en la superficie de la cavidad del molde para resistir el agrietamiento y encorvamiento en contacto con el metal fundido; 4) *retractibilidad*, capacidad del molde para dejar que la fundición se contraiga sin agrietarse; también se refiere a la capacidad de remover la arena de la fundición durante su limpieza; y 5) *reutilización*, ¿puede reciclarse la arena del molde roto para hacer otros moldes?. Estas medidas son algunas veces incompatibles, por ejemplo, un molde con una gran resistencia tiene menos capacidad de contracción. Los moldes de arena se clasifican frecuentemente como arena verde, arena seca o de capa seca. (UMSS@2008)

8.2.1.2.1 Moldeo en arena verde. Los moldes de arena verde se hacen de una mezcla de arena, arcilla y agua, el término "Verde" se refiere al hecho de que el molde contiene humedad al momento del vaciado. Los moldes de arena verde tienen suficiente resistencia en la mayoría de sus aplicaciones, así como buena retractibilidad. Permeabilidad y reutilización, también son los menos costosos. Por consiguiente, son los más ampliamente usados, aunque también tienen sus desventajas. La humedad en la arena puede causar defectos en algunas fundiciones, dependiendo del metal y de la forma geométrica de la pieza.

Un molde de arena seca se fabrica con aglomerantes orgánicos en lugar de arcilla. El molde se cuece en una estufa grande a temperaturas que fluctúan entre 204 °C y 316 °C. El cocido en estufa refuerza el molde y endurece la superficie de la cavidad. El molde de arena seca proporciona un mejor control dimensional en la fundición que los moldes de arena verde. Sin embargo, el molde de arena seca es más costoso y la velocidad de producción es reducida debido al tiempo de secado. Sus aplicaciones se limitan generalmente a fundiciones de tamaño medio y grande y en velocidades de producción bajas.

En los moldes de capa seca, la superficie de la cavidad de un molde de arena verde se seca a una profundidad entre 10 mm y 25 mm, usando sopletes, lámparas de calentamiento u otros medios, aprovechando parcialmente las ventajas del molde de arena seca. Se pueden añadir materiales adhesivos especiales a la mezcla de arena para reforzar la superficie de la cavidad.

La clasificación precedente de moldes se refiere al uso de aglutinantes convencionales, ya sea agua, arcilla u otros que requieren del calentamiento para curar. Se han desarrollado también moldes aglutinados, químicamente diferentes de cualquiera de los aglutinantes tradicionales. Algunos de estos materiales aglutinantes, utilizados en sistemas que no requieren cocimiento, incluyen las resinas furánicas (que consisten en alcohol furfural, urea y formaldehído), las fenólicas y los aceites alquídicos. La popularidad de los moldes que no requieren cocimiento está creciendo debido a su buen control dimensional en aplicaciones de alta producción. (UMSS@2008)

8.2.1.2.2 Molde en arena química. Un molde *en arena química* consiste en la elaboración del molde con arena preparada con una mezcla de resinas, el fraguado de estas resinas puede ser por un tercer componente líquido ó gaseoso, ó por auto fraguado. De este modo se incrementa la rigidez del molde, lo que permite fundir piezas de mayor tamaño y mejor acabado superficial.

8.2.1.2.3 Moldeo mecánico. El *moldeo mecánico*. Consiste en la automatización del moldeo en arena verde. La generación del molde mediante prensas mecánicas o hidráulicas, permite obtener moldes densos y resistentes que subsanan las deficiencias del moldeo tradicional en arena verde.

8.2.2 Proceso de fundición por cera pérdida

- El proceso comienza con la pieza original creada por el artista, modelada en barro, escayola, o cualquier otro material. Cada obra presenta una exigencia y una dificultad, en nuestro taller o desplazándonos al estudio del escultor, se realizan los moldes.

Ilustración 6. Pieza original



www.arte6.com, 2008

- Se limpian los moldes y se procede al vaciado de la cera.

Ilustración 7. Limpieza moldes y vaciado de cera



www.arte6.com@, 2008

- La pieza será repasada para eliminar las rebabas e irregularidades.

Ilustración 8. Limpieza de irregularidades



www.arte6.com@, 2008

- Se coloca y distribuye una red de canales de colada y respiraderos (bebederos), también de cera, colocados estratégicamente sobre la pieza.
- Se procede a la inmersión de todo el conjunto en un baño cerámico.

Ilustración 9. Fabricación moldes cerámicos



www.arte6.com@, 2008

- En la siguiente fase, se procede a quemar la cera. Consiste en introducir el molde refractario en un horno a 720 grados centígrados, asegurándose de que desaparece por completo hasta el menor vestigio de la cera. De ahí el nombre de " Cera Perdida".

Ilustración 10. Quema de cera



www.arte6.com@, 2008

- Proceso de colada del bronce.

Para poder colar el bronce, se tiene que calentar este a 1250 grados centígrados

Ilustración 11. Vertimiento del material en este caso bronce



www.arte6.com@, 2008

El bloque motor que se expone en este caso en particular funciona por barrido cruzado debido a su estructura que no posee válvulas como la mayoría de los motores de combustión sino que el pistón funciona como válvula de escape y admisión como ambos se encuentran en el mismo nivel, al entrar mezcla fresca a la cámara empuja el aire hacia afuera expulsando ya el combustible quemado.

8.2.3 Proceso de fundición por coquilla

Si se echa un metal fluido en un molde permanente, fabricado de hierro o acero, se efectúa la fundición en coquillas. Este método tiene una ventaja importante en comparación con la fundición en arena; se puede fundir con la pieza misma, roscas exteriores mayores, agujeros, etc. Las piezas coladas en coquillas tienen una superficie pareja y limpia por lo que, generalmente, no es necesario un trabajo posterior de acabado. La exactitud de la medida es mucho más grande que la fundición de arena; pero menor que cuando se funde por inyección.

Al observar la estructura de la pieza fundida en coquillas es más densa de grano muy fino, por lo que las propiedades mecánicas en estas son mejores que las de piezas iguales coladas en molde de arena. Por esta razón es posible disminuir el peso de piezas fundidas en coquillas, con el consiguiente ahorro de material.

8.2.4 Proceso de fundición por inyección

La fundición en esta forma y tratándose de gran cantidad de piezas, exige naturalmente un número considerable de moldes. Es evidente que el costo de cada pieza aumenta con el precio del molde.

En las técnicas modernas para la fundición de pequeñas piezas, se aplican máquinas con moldes de metal, que duran mucho tiempo, pudiendo fundirse en ellos millares de piezas, el metal se inyecta en el molde a presión, por cuya razón este sistema se denomina por inyección. El peso de las piezas que se pueden fundir por inyección en moldes mecánicos, varía entre 0.5 gramos hasta 8 kilos.

Por lo general se funden por inyección piezas de Zinc, Estaño, Aluminio, y Plomo con sus respectivas aleaciones. La parte más delicada de la máquina para fundir por inyección es el molde. Este molde tiene que ser hecho con mucho cuidado y exactitud, tomando en cuenta los coeficientes de contracción y las tolerancias para la construcción de las piezas, de acuerdo con el metal y la temperatura con la que se inyecta.

La cantidad de piezas que pueden fundir en un molde y con una sola maquina es muy grande, además, en una hora pueden fabricarse de 200 a 2000 piezas según su tamaño y forma, por lo tanto, repartiendo el costo del molde, de la maquina, así como también los gastos de mano de obra para la manutención del equipo y teniendo en cuenta la gran producción, a de verse que las piezas fundidas en serie por inyección resultan de bajo costos.

8.2.5 Proceso de fundición centrífuga.

La fundición centrífuga es el proceso de hacer girar el molde mientras se solidifica el metal, utilizando así la fuerza centrífuga para acomodar el metal en el molde. Se obtienen mayores detalles sobre la superficie de la pieza y la estructura densa del metal adquiere propiedades físicas superiores. Las piezas de forma simétricas se prestan particularmente para este método, aun cuando se pueden producir otros muchos tipos de piezas fundidas.

Por fundición centrífuga se obtienen piezas más económicas que por otros métodos. Los corazones en formas cilíndricas y rebosaderos se eliminan. Las piezas tienen una estructura de metal densa con todo y las impurezas que van de la parte posterior al centro de la pieza pero que frecuentemente se maquinan. Por razón de la presión extrema del metal sobre el metal, se pueden lograr piezas de secciones delgadas también como en la fundición estática.

Los moldes permanentes se han hecho frecuentemente en la fundición centrífuga de magnesio. Desde entonces las piezas de fundición de magnesio son forzadas

nuevamente al molde, las piezas se enfrían mas rápidamente y el aire o gas atrapados se eliminan entre el molde y el material. Aunque en la fundición centrífuga hay limitaciones en el tamaño y forma de piezas fundida, se pueden hacer desde anillos de pistón de pocos gramos de peso y rodillo para papel que pesen arriba de 40 toneladas, Blocks de maquinas en aluminio.

8.3 MECÁNICA DE PRECISIÓN

El pleno desarrollo tecnológico de nuevos procesos de mecanizado mediante ordenadores (CNC) o procesos electroquímicos tales como electroerosión ha promovido el despegue de lo que se considera mecánica de precisión.

El proceso de la mecánica de precisión lo conforman la interacción de la mecánica con la óptica, la electrónica la informática y los sistemas de control.

La mecánica de precisión se encarga de la fabricación de componentes que son usados de forma masiva por las telecomunicaciones, microsistemas, instrumentos de medición, aparatos ópticos, industria aeroespacial, etc.

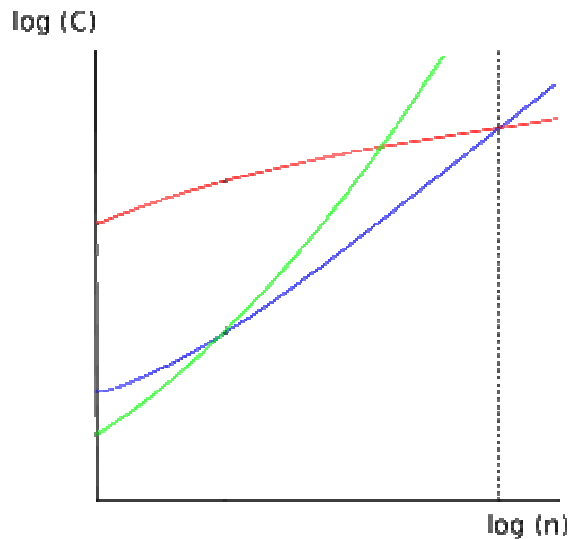
Comprendamos que es en sí un sistema CNC:

8.3.1 Principio de funcionamiento

El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas de la máquina, usando un programa informático ejecutado por un ordenador. En el caso de un torno, hace falta controlar los movimientos de la herramienta en dos ejes de coordenadas: el eje de las X para los desplazamientos laterales del carro y el eje de las Z para los desplazamientos transversales de la torre. En el caso de las fresadoras se controlan los desplazamientos verticales, que corresponden al eje Z. Para ello se incorporan motores eléctricos en los mecanismos de desplazamiento del carro y la torreta, en el caso de los tornos, y en la mesa en el caso de la fresadora;

dependiendo de la capacidad de la maquina, esto puede no ser limitado únicamente a tres ejes.

Ilustración 12. Costo de mecanizado



Monografías industria-ingeniería@ 2008

Gráfico aproximado en escalas logarítmicas del coste unitario de mecanización en función del número de piezas a mecanizar por lote.

- Máquinas tradicionales.
- Máquinas de control numérico.
- Máquinas especiales o de transferencia (transfert).

Aparte de aplicarse en las máquinas-herramienta para modelar metales, el CNC se usa en la fabricación de muchos otros productos de ebanistería, carpintería, etc. La aplicación de sistemas de CNC en las máquinas-herramienta han hecho aumentar enormemente la producción, al tiempo que ha hecho posible efectuar

operaciones de conformado que era difícil de hacer con máquinas convencionales, por ejemplo la realización de superficies esféricas manteniendo un elevado grado de precisión dimensional. Finalmente, el uso de CNC incide favorablemente en los costos de producción al propiciar la baja de costes de fabricación de muchas máquinas, manteniendo o mejorando su calidad. (Monografías industria-ingeniería@ 2008)

8.3.2 Programación en el control numérico

Se pueden utilizar dos métodos, la programación manual y la programación automática.

8.3.3 Programación manual

En este caso, el programa pieza se escribe únicamente por medio de razonamientos y cálculos que realiza un operario. El programa de mecanizado comprende todo el conjunto de datos que el control necesita para la mecanización de la pieza.

Al conjunto de informaciones que corresponde a una misma fase del mecanizado se le denomina bloque o secuencia, que se numeran para facilitar su búsqueda. Este conjunto de informaciones es interpretado por el intérprete de órdenes. Una secuencia o bloque de programa debe contener todas las funciones geométricas, funciones máquina y funciones tecnológicas del mecanizado. De tal modo, un bloque de programa consta de varias instrucciones.

El comienzo del control numérico ha estado caracterizado por un desarrollo anárquico de los códigos de programación. Cada constructor utilizaba el suyo particular. Posteriormente, se vio la necesidad de normalizar los códigos de programación como condición indispensable para que un mismo programa pudiera servir para diversas máquinas con tal de que fuesen del mismo tipo. Los

caracteres más usados comúnmente, regidos bajo la norma DIN 66024 y 66025 son, entre otros, los siguientes:

- N: es la dirección correspondiente al número de bloque o secuencia. Esta dirección va seguida normalmente de un número de tres o cuatro cifras. En el caso del formato N03, el número máximo de bloques que pueden programarse es 1000 N999).→(N000
- X, Y, Z: son las direcciones correspondientes a las cotas según los ejes X, Y, Z de la máquina herramienta (Y planos cartesianos). Dichas cotas se pueden programar en forma absoluta o relativa, es decir, con respecto al cero pieza o con respecto a la última cota respectivamente.
- G: es la dirección correspondiente a las funciones preparatorias. Se utilizan para informar al control de las características de las funciones de mecanizado, como por ejemplo, forma de la trayectoria, tipo de corrección de herramienta, parada temporizada, ciclos automáticos, programación absoluta y relativa, etc. La función G va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes.

Ejemplos:

G00: El trayecto programado se realiza a la máxima velocidad posible, es decir, a la velocidad de desplazamiento en rápido.

G01: Los ejes se gobiernan de tal forma que la herramienta se mueve a lo largo de una línea recta.

G02: Interpolación circular en sentido horario.

G03: Interpolación circular en sentido antihorario.

G33: Indica ciclo automático de roscado.

G40: Cancela compensación.

G41: Compensación de corte hacia la izquierda.

G42: Compensación de corte a la derecha.

G77: Es un ciclo automático que permite programar con un único bloque el torneado de un cilindro, etc.

- M: es la dirección correspondiente a las funciones auxiliares o complementarias. Se usan para indicar a la máquina herramienta que se deben realizar operaciones tales como parada programada, rotación del husillo a derechas o a izquierdas, cambio de útil, etc. La dirección m va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones auxiliares diferentes.

Ejemplos:

M00: Provoca una parada incondicional del programa, detiene el husillo y la refrigeración.

M01: Alto opcional.

M02: Indica el fin del programa. Se debe escribir en el último bloque del programa y posibilita la parada del control una vez ejecutadas el resto de las operaciones contenidas en el mismo bloque.

M03: Permite programar la rotación del husillo en sentido horario

M04: Permite programar la rotación del husillo en sentido antihorario, etc.

(El sentido de giro del husillo es visto por detrás de la máquina, no de nuestro punto de vista como en los tornos convencionales)

- F: es la dirección correspondiente a la velocidad de avance. Va seguida de un número de cuatro cifras que indica la velocidad de avance en mm/min.

- S: es la dirección correspondiente a la velocidad de rotación del husillo principal. Se programa directamente en revoluciones por minuto, usando cuatro dígitos.
- I, J, K: son direcciones utilizadas para programar arcos de circunferencia. Cuando la interpolación se realiza en el plano X-Y, se utilizan las direcciones I y J. Análogamente, en el plano X-Z, se utilizan las direcciones I y K, y en el plano Y-Z, las direcciones J y K.
- T: es la dirección correspondiente al número de herramienta. Va seguido de un número de cuatro cifras en el cual los dos primeros indican el número de herramienta y los dos últimos el número de corrección de las mismas.

8.3.4. Programación automática

En este caso, los cálculos los realiza un computador, que suministra en su salida el programa de la pieza en lenguaje máquina. Por esta razón recibe el nombre de programación asistida por computador. (@ Wikipedia, 2008)

8.4 CÓMO FUNCIONA UN MOTOR "GLOW" DE DOS TIEMPOS

Los motores de dos tiempos reciben tal denominación pues los cuatro ciclos de su funcionamiento, se producen en solo dos movimientos del pistón: uno ascendente y otro descendente, es decir, en tan solo una vuelta del cigüeñal, a diferencia de un motor de 4 tiempos en el cual los cuatro ciclos se producen en cuatro movimientos del pistón o sea en dos giros de cigüeñal.

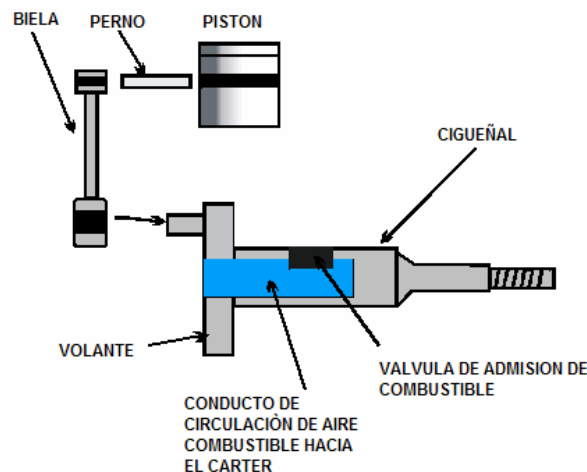
Pero antes de continuar, explicaremos cuáles son esos cuatro ciclos en el funcionamiento de estos motores:

- Ciclo de admisión: es aquel que introduce la mezcla de combustible y aire en la cámara de combustión.

- Ciclo de compresión: es aquel que corresponde al momento en que el pistón en su carrera ascendente, comprime los gases introducidos en la cámara de combustión, llegando al P.M.S. (Punto Muerto Superior).
- Ciclo de Explosión: es cuando se produce el encendido de la mezcla provocando la explosión de la misma.
- Ciclo de Escape: es el ciclo en el cual el pistón en su carrera descendente, expulsa los gases quemados a través de la lumbrera de escape del motor. De los 4 ciclos, este es el único que genera trabajo, y en este ciclo el pistón alcanza el P.M.I. (Punto Muerto Inferior), antes de recomenzar el ciclo de admisión.

Para entender mejor este funcionamiento, detallaremos a continuación por medio de gráficos, los componentes mecánicos básicos del tren alternativo de un motor glow tradicional (cigüeñal, biela y pistón):

Ilustración 13. Despiece del tren de un motor clase Glow



<http://www.apuca.com.ar/NOTAS/Motores4.htm>@, 2008

También es necesario conocer aunque sea en forma elemental, como se compone el "block" de un motor por dentro, incluyendo el tren alternativo antes descrito (en

el dibujo se muestra el motor visto desde atrás). En este caso, se trata un motor con diseño de admisión del tipo de "flujo cruzado" donde se observa en la parte superior la tapa de cilindro con la bujía incandescente incorporada, el hueco que forma la cámara de combustión, las aletas refrigerantes, el cigüeñal con su interior ahuecado para que la mezcla pase al "cárter", el grupo de biela y pistón, el canal por donde sube la mezcla hacia la cámara de combustión (llamado comúnmente "transfer de admisión"), y la abertura que existe en la camisa del cilindro por donde pasa la mezcla ("port de admisión" o "lumbrera de admisión").

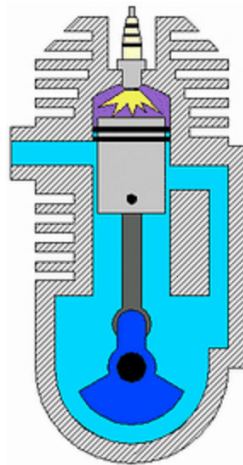
Qué ocurre en el interior del motor durante cada uno de los 4 ciclos.

Anteriormente, se mencionó que el motor de dos tiempos en tan solo una vuelta realiza los 4 ciclos mecánicos que hacen a su funcionamiento. Esto implica que en cada $\frac{1}{2}$ vuelta del cigüeñal, realiza parte de dos de dichos ciclos y en la otra media vuelta ejecuta los otros dos ciclos

Esto es lo que ocurre dentro del motor (para comenzar la descripción, posicionamos imaginariamente el pistón en el punto donde se produce la explosión en el interior de la cámara de combustión).

- Se produce la explosión y el pistón es impulsado violentamente hacia abajo (de todos los movimientos del tren alternativo, este es el único que genera trabajo). Ver Ilustración 14.

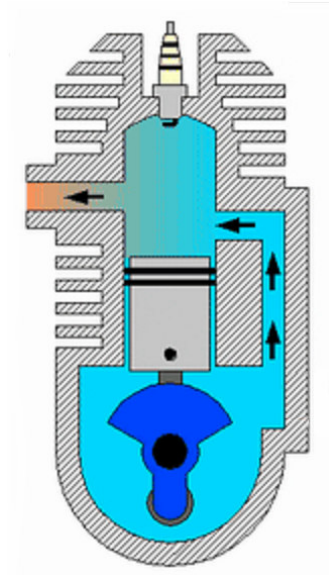
Ilustración 14. Explosión de la mezcla P.M.S



<http://www.apuca.com.ar/NOTAS/Motores4.htm>@, 2008

- Cuando el pistón en su carrera descendente comienza a descubrir la abertura de la lumbrera de escape, los gases salen por el mismo, provocando esta "huida" una zona de baja presión dentro de la cámara de combustión.
 - El pistón sigue bajando, y comienza a dejar en descubierto el port o lumbrera de admisión que está ubicada en un nivel inferior a la lumbrera de escape.
 - El pistón comienza a ejercer compresión sobre el carter donde hay mezcla fresca que ya había ingresado en el mismo (luego se explica).
 - La mezcla presionada en el cárter busca una salida y a través del transfer de admisión sube, pasa por el port de admisión y comienza a ingresar en la cámara de combustión.
 - Este ingreso se ve también acelerado por la zona de baja presión mencionada anteriormente.
 - El pistón llega al punto donde ya no baja más y donde comenzará su carera ascendente. A dicho punto se lo llama *Punto Muerto Inferior (P.M.I.)* y es ahí que como consecuencia de la inercia inicia inmediatamente el ascenso.
- Ilustración 15

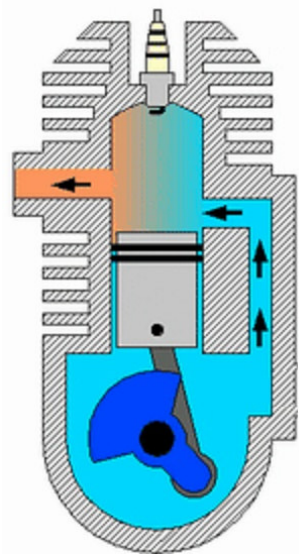
Ilustración 15. Punto muerto inferior



<http://www.apuca.com.ar/NOTAS/Motores4.htm>@, 2008

- Al comenzar a ascender, empieza a presionar los gases que están en la cámara de combustión y a su vez comienza a cerrar el port de admisión y posteriormente la lumbrera de escape.
- En su vertiginoso ascenso, el pistón produce una zona de baja presión en el carter la cual absorbe mezcla que ingresa por la válvula de admisión ubicada en el extremo del cigüeñal. Ilustración 16

Ilustración 16. Entrada de mezcla por la posición de la válvula en el cigüeñal



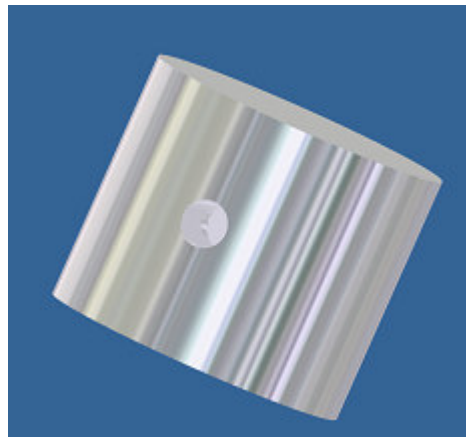
<http://www.apuca.com.ar/NOTAS/Motores4.htm>@, 2008

- El pistón sigue subiendo, completa el cierre del port de admisión y luego de la lumbrera de escape. El gas acumulado en la cámara queda "encerrado" y comienza a ser presionado en extremo por el pistón.
- Cuando el gas se comprime se producen dos fenómenos: un térmico (se calienta) y otro químico (la mezcla se homogeniza facilitando su encendido) y antes de que el pistón llegue a su ascenso máximo llamado *Punto Muerto Superior (P.M.S.)* la bujía incandescente hace "explotar" la mezcla (en los motores diesel, dicha explosión se produce por el solo hecho de la compresión)..
- Cuando el pistón comienza a bajar se cierra la válvula de admisión: ya no entra más mezcla fresca en el carter.
- Y vuelve a comenzar todo el ciclo descrito.

9. MODELADO DEL MOTOR DE 2 TIEMPOS DE COMBUSTIÓN INTERNA

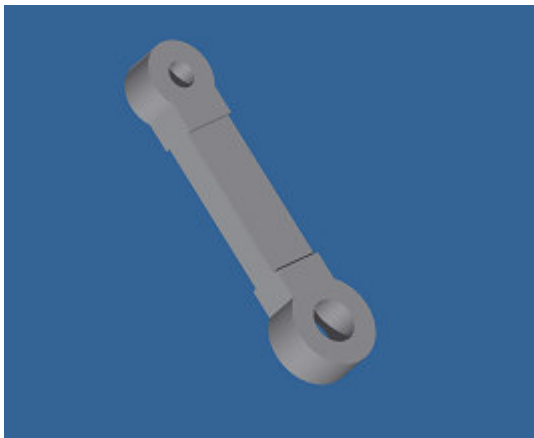
El motor básicamente en la parte mecánica se compone de un cigüeñal, pistón y biela. También una camisa entre el pistón y el bloque, los cuales fueron modelados en Autodesk Inventor Professional 2008, las medidas fueron tomadas muy precisas en sus mediciones para tener un ajuste optimo entre las piezas del motor, a continuación se mostraran los renders década unas de las piezas con sus respectivo ensamble.

Ilustración 17. Render pistón



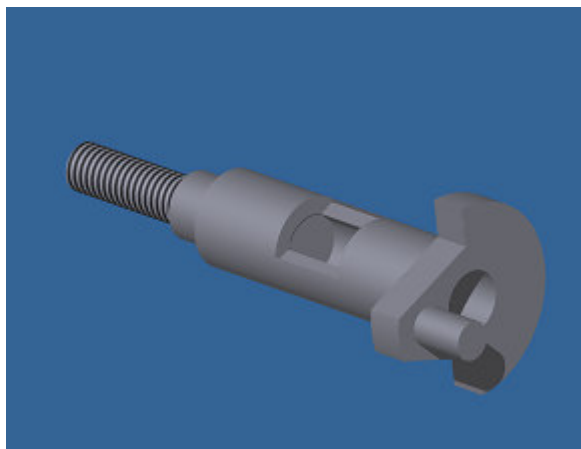
URREGO, 2008

Ilustración 18. Render biela



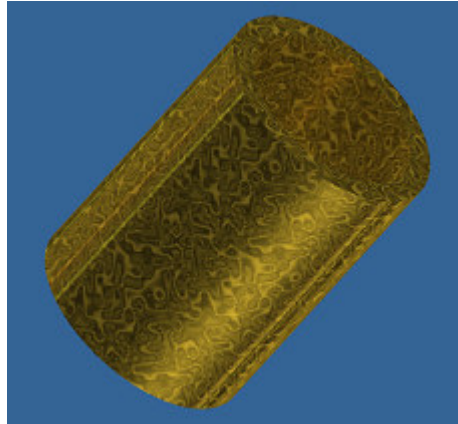
URREGO, 2008

Ilustración 19. Render cigüeñal



URREGO, 2008

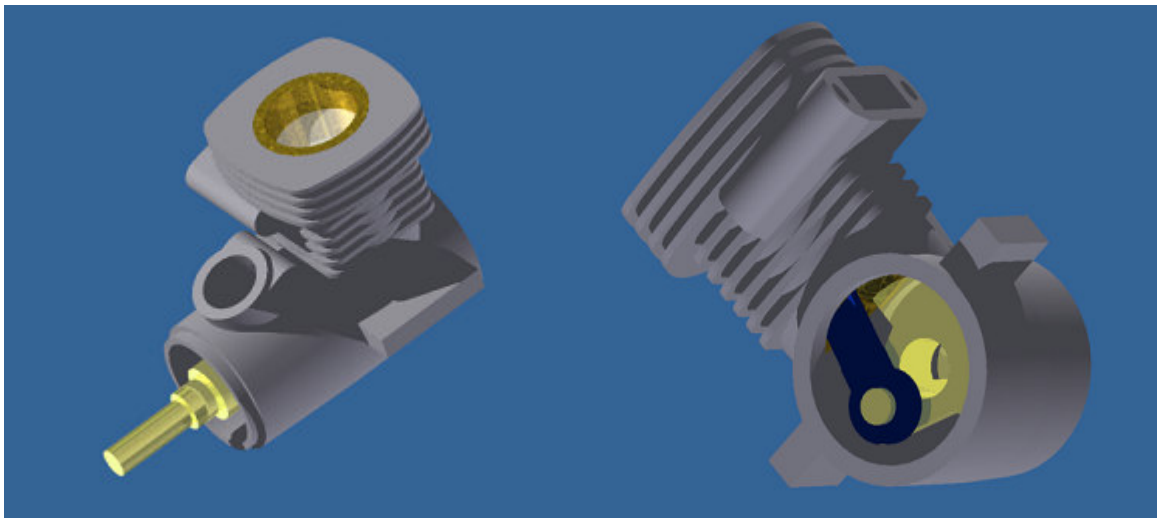
Ilustración 20. Render camisa pistón



URREGO, 2008

El ensamble del motor dio los movimientos y ajustes esperados, ya que Autodesk Inventor Professional 2008 simula el movimiento con las restricciones de libertad reales del motor, en la siguiente ilustración XX podemos observar el ensamble.

Ilustración 21. Render ensamble motor en isométrico



URREGO, 2008

10. PROCESO DE FUNDICIÓN DE ALUMINIO POR COQUILLA

La fundición del aluminio para llegar a un producto cualquiera que se desee se puede lograr por varios métodos descritos en el estado del arte, entre ellos algunos con mayores ventajas que otros ya sea en tiempos de fabricación como lo son por el método de inyección que por ser un sistema automatizado logra una gran producción de productos en un tiempo muy corto y con terminados de gran calidad.

En este caso se utilizara un molde permanente, llamado así a los moldes hechos de metales mucho más resistente que el material de la fundición (molde de coquilla), a diferencia de los métodos de fundición por métodos de inyección de aluminio este será por medio de gravedad entrando al molde de forma natural sin ninguna presión adicional a la atmosférica, este proyecto se concentrara en el diseño del molde para ser vaciado el aluminio.

El material debe ser fundido en hornos especiales para derretir lingotes de este material, puede ser alimentado por gas u otros combustibles de origen fósil, por lo general el aluminio contiene mas elementos aleantes que también debe llegar a un punto optimo de temperatura para ser fundido, el aluminio cuenta con un punto de fusión de 760°C para que se encuentre completamente en estado liquido por lo general los hornos se mantiene un temperaturas que rondan de 780° a 820°C para fundiciones de aluminio.

Los defectos de fabricación en las fundiciones de piezas por medio del método de coquilla que se generan por la inserción de hidrogeno en la colada y puede dejar mucho defectos de porosidad en las piezas terminadas, antes se aceptaba las sopladuras por gases como nitrógeno como algo inevitable en las piezas fundidas, se empezaron con un método en el cual se inyectaba gas en la colada como

nitrógeno o fluoruros volátiles, en general cualquier gas que sea insoluble con el aluminio líquido sirve para eliminar el hidrógeno de la fundición, hoy en día se usan elementos sólidos desgasificantes que son a base hexacloroetano o mediante nitrógeno comercial embotellado.

La forma más eficaz de desgasificar con una temperatura del horno óptima es primero calentar el horno al máximo de temperatura con los quemadores al su máxima capacidad, luego ponemos el material dentro del horno cuando el material este todo en estado líquido se procede a pagar el horno, con una buena práctica de este método dejando solo el material con la temperatura residual se logra obtener la temperatura deseada, el horno debe estar completamente cerrado, en este proceso la temperatura debe estar en promedio entre 740-750°C, ya después de lograr lo anterior se continua a des gasificar el material con cualquier método existente.

Para evitar cualquier posibilidad de embasamiento de grano es corriente desgasificar con productos sólidos que tiene un cierto efecto de afino de grano y así asegurar mejor alimentación y óptimas propiedades mecánicas.

La fundición de aluminio en estado líquido es capaz de absorber el hidrógeno del ambiente al ser soluble con el aluminio, siendo este el único gas que posee esta capacidad, a una humedad relativa de 30% y una temperatura de fundición de 750°C, se encuentra con una concentración de hidrógeno disuelto en la colada de aluminio es de 1ml/kg, observando que entre más alta sea la temperatura de la colada mayor será la concentración de hidrógeno en la fundición (CAMPELL, 2001)

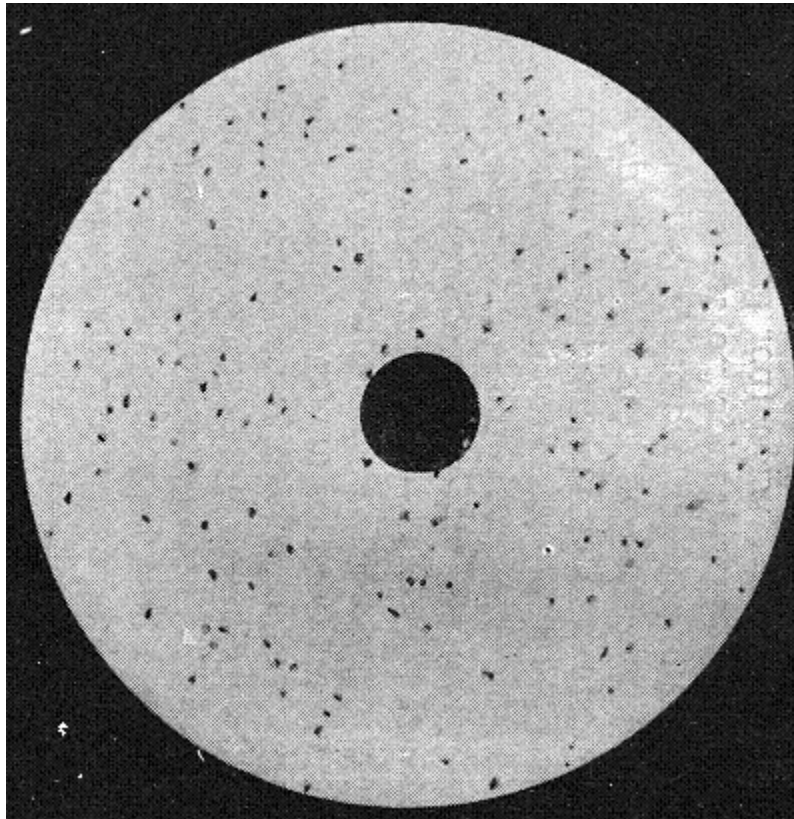
Después de tener el material fundido este se debe transportar hasta el molde de fundición mediante de un operario que cuentan con una cuchara larga por seguridad, esto es debido a que el metal fundido produciría lesiones muy graves, después de transportar el material hacia el molde este se vacía en el molde hasta

llenarlo todo por completo, luego de solidificar se puede abrir el molde y retirar la pieza.

11. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE GASES

En muchas funderías se emplea el aparato Straube-Pfeiffer de solidificación en vacío para estimar el contenido gases del calculado antes de la colada. El ensayo consiste en tomar muestra una muestra del crisol o el horno y dejarla solidificar bajo presión reducida. Las burbujas de gas quedan atrapadas en la solidificación aumentando considerablemente en tamaño por la baja presión obtenida en la siguiente ilustración de la porosidad debida a los gases.

Ilustración 22. Fundición con porosidad debida a los gases.



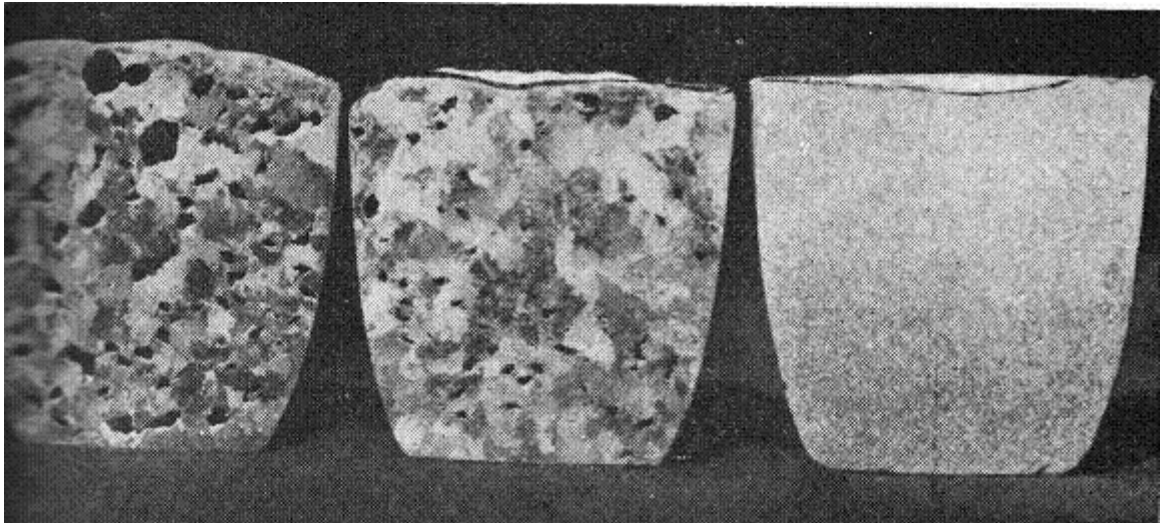
HOWARD, 1962

La presión a la que se efectúa el ensayo depende de la sensibilidad que se necesite, y suele oscilar entre 20 y 30 mm de Hg.

El aparato para el ensayo de Straube-Pfeiffer está montado en un carrito para poder desplazarlo hasta el horno. Consiste en una bomba de vacío y una cámara en la que solidifica la muestra bajo observación a través de una ventana de vidrio y en la que se puede conseguir rápidamente el vacío requerido.

Una estimación cualitativa del contenido de gases se consigue ya de la observación de los que se desprenden en la solidificación en el crisol del aparato, pero una estimación más cuantitativa se obtiene cortando los bloques de ensayo después de solidificados; la ilustración 23 muestra el progreso de la desgasificación y del afino del grano.

Ilustración 23 Muestras de fundición con porosidades debida a los gases



HOWARD, 1962

Resultados cuantitativos para fines de registro se pueden obtener por determinaciones de la densidad de los bloques de ensayo solidificados. Otro aparato para la determinación directa del contenido de hidrógeno es el llamado medidor de contenido de hidrógeno Telegas, fue Desarrollado y patentado por Ransley, y su fundamento es establece un equilibrio entre el contenido de hidrógeno del metal y una pequeña cantidad (2 ml) de nitrógeno que se hace

circular una y otra vez a través del aparato. El contenido final de hidrógeno del gas inerte circulante se mide mediante un dispositivo que determina la conductividad térmica de la mezcla gaseosa

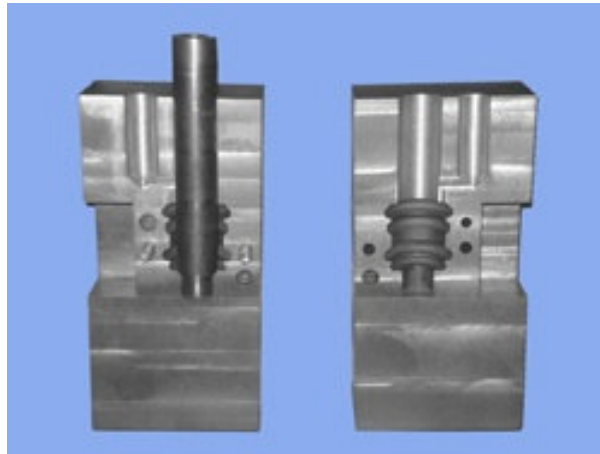
Hay que tener cuidado de que no se produzca contaminación de metal durante la fusión (por gases o por metales como el hierro), no porque la desgasificación no sea eficaz, sino por la formación de óxido de aluminio que acompaña a la absorción de gas. El gas es fácil de eliminar, pero no lo es el óxido de aluminio, que puede ser causa de un aumento en la cantidad de material perdido como chatarra. Al contrario que en el caso de la fundición de bronce, en que es ventajosa una atmósfera oxidante, en la fundición de aleaciones ligeras solo es permisible una atmósfera ligerísimamente oxidante. Como en las funderías del bronce, se puede estimar por observación de la llama la naturaleza de la atmósfera del horno; una llama incolora indica condiciones oxidantes y una de tinte amarillo condiciones ligeramente reductoras. Si es necesario, se puede acudir también al ensayo con varilla de zinc. (HOWARD, 1962)

12. MOLDE DE COQUILLA PARA LA FUNDICIÓN

Para la preparación del molde se deben lograr varios factores vitales en la fundición del material, este consta de dos bloques divididos por lados iguales en el cual se encuentran dos bloques del motor de dos tiempos, este será llenado con presión de 1 atm.

El molde cuenta con canales alimentadores o mazarotas en donde se encuentra el material sobrante para que la fundición no llegue a dañarse por problemas al contraerse e enfriarse el molde con la fundición generando agrietamientos de la pieza, el aluminio cuenta con un índice de contracción del 6 al 7%.

Ilustración 24. Molde de coquilla para llenado por gravedad



fundicionesmacar.com.ar@,2008

Buen lo primero que se prepara son los moldes los cuales deben precalentarse a una temperatura recomendada de 315 a 426 grados Celsius para su buena distribución del aluminio dentro del molde ya que este debe ser un fluido laminar y debido que no se debe llenar con un fluido turbulento generando un mal llenado de la pieza. (LOPER, 1967)

Para proteger la superficie de la coquilla contra la acción del metal líquido y aumentar el periodo de vida, se regula la velocidad de enfriamiento de la moldura y mejorar el llenado del molde, además sobre la superficie útil de coquilla y los machos metálicos se aplican revestimientos y pinturas refractarias. En la composición de estos recubrimientos están sustancias que poseen una pequeña conductibilidad térmica, lo que le hace al recubrimiento tener propiedades de aislación térmica. Gracias a los recubrimientos la masa fundida se enfría más lentamente y el molde se calienta menos.

Los recubrimientos se dividen en revestimientos y pinturas. Los revestimientos se aplican a la superficie útil de la coquilla en una capa de 0.3 - 1mm de espesor, generalmente una vez por turno de trabajo; y las pinturas prácticamente después de cada colada.

El propósito principal de la aplicación de las pinturas es evitar la adherencia del revestimiento a la superficie de la moldura, elevar la resistencia del molde, asegurar la conductividad térmica prefijada del recubrimiento.

Las composiciones de las pinturas y revestimientos para las coquillas, utilizadas al fundir diversas aleaciones, se exponen en la siguiente tabla, para el recubrimiento de las coquillas al fundir aleaciones de cobre (bronces, latones) se emplean lubricantes: aceite (de linaza y para maquinas), mazut, y keroseno. A estos componentes se añaden grafito, óxido de zinc, talco y otros. Las pinturas se aplican a la superficie de la coquilla calentando esta hasta 100-150 grados centígrados. Para evitar el temple al aire de las molduras de fundición se emplea el recubrimiento combinado de la coquilla con revestimientos refractarios, pinturas y hollín de acetileno.(Titov,1990)

Tabla 1. Revestimiento de los moldes para fundiciones no ferrosas

Composición de los revestimientos y pinturas para coquillas*												
Aleaciones	Componentes											Destinación
	Oxido de zinc	Amianto calcinado	Vidrio líquido	Talco	Acido bórico	Grafito	Carbón	Arcilla	Tiza molida	Cuarzo en polvo	Agua	
De aluminio	9,0	28,0	6,0	—	—	—	—	—	—	—	57,0	Revestimiento
			3,0	—	—	—	—	—	15,0	—	83,0	Pintura
De magnesio	—	—	2,7	8,0	3,2	—	—	—	—	—	82,5	Revestimiento
	—	—	2,0	5,0	8,0	—	—	—	—	—	85,0	Pintura
De fundición	—	—	20—25	—	—	35—30	20—25	25—20	—	—	—	Revestimiento
	—	—	4,3	—	—	—	—	—	—	8,7	87,0**	Pintura

Titov, 1990

13. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL PARA LA FUNDICIÓN DEL BLOQUE

En el material es impórtateme saber cuál es su composición para saber cosas fundamentales a la hora de hacer maquinados, fundiciones y en si su comportamiento como pieza funcional.

Después de hacer un análisis de una pieza de fundición de un bloque motor de aluminio por medio de una prueba espectral se pudo obtener una idea de cuál es el material que se utiliza en estas fundiciones, esto es debido a la gran cantidad de combinaciones de aleantes para el aluminio como principales son el silicio, cobre, magnesio entre otros, encontramos que los resultados que se llevaron a cabo en la universidad de Antioquia (ver anexos) mostraron como resultado un aluminio enriquecido con silicio (si) en un porcentaje del 10% y Zinc en una concentración del 1.4%. Estos resultados nos dan una idea de cuál es el aluminio que más se le asemeja más en sus compuestos dando como mejor opción y en búsquedas de materiales se encontró que el aluminio para fundiciones es el que cumple con las características y es llamado común mente como aluminio para fundiciones.

A continuación se encuentran las características de esta aleación como datos importantes podemos reseñar la temperatura optima para ser colado en los moldes y es de 616-816 grados Celsius.

Tabla 2. Propiedades del aluminio para fundiciones con silicio

Physical Properties		Metric
Density		2.57 - 2.95 g/cc
Mechanical Properties		Metric
Hardness, Brinell		25.0 - 155
Hardness, Knoop		73.0 - 191
Hardness, Rockwell A		36.0 - 54.0
Hardness, Rockwell B		45.0 - 87.0
Hardness, Vickers		70.0 - 175
Tensile Strength, Ultimate		110 - 485 MPa
Tensile Strength, Yield		41.4 - 435 MPa
Elongation at Break		0.500 - 20.0 %
Modulus of Elasticity		66.0 - 81.4 GPa
Compressive Yield Strength		75.0 - 925 MPa
Compressive Modulus		74.5 - 82.8 GPa
Poissons Ratio		0.330
Charpy Impact		3.30 - 21.7 J
Charpy Impact, Unnotched		16.3 - 77.0 J
Fatigue Strength		48.0 - 435 MPa
Machinability		10.0 - 90.0 %
Shear Modulus		23.0 - 30.0 GPa
Shear Strength		75.0 - 290 MPa
Electrical Properties		Metric
Electrical Resistivity		0.00000370 - 0.00000820 ohm-cm
Thermal Properties		Metric
Heat of Fusion		389 J/g
CTE, linear		18.0 - 26.6 $\mu\text{m/m}^\circ\text{C}$
Specific Heat Capacity		0.920 - 0.963 J/g- $^\circ\text{C}$
Thermal Conductivity		87.9 - 180 W/m-K
Melting Point		204 - 674 $^\circ\text{C}$
Solidus		204 - 613 $^\circ\text{C}$
Liquidus		543 - 674 $^\circ\text{C}$
Processing Properties		Metric
Processing Temperature		593 - 816 $^\circ\text{C}$
Annealing Temperature		177 - 371 $^\circ\text{C}$
Solution Temperature		496 - 541 $^\circ\text{C}$
Aging Temperature		22.2 - 346 $^\circ\text{C}$
Casting Temperature		616 - 816 $^\circ\text{C}$

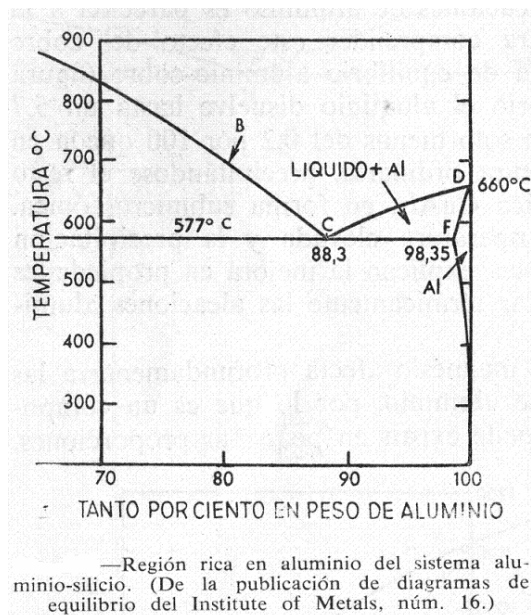
MATWEB@,2008

13.1 PROPIEDADES DE LAS ALEACIONES ALUMINIO SILICIO

Una de las principales aplicaciones del aluminio con sílice son las fundiciones de piezas complejas, pero buena calidad de moldeo y la fabricación de piezas para la marina por su gran resistencia a la corrosión.

Este elemento es una adición muy valiosa para el aluminio, bien como único elemento de aleación en proporciones de entre 11 y 14 por 100, o bien en cantidades más pequeñas y unido a otros metales. La ilustración 25 muestra una proporción del diagrama de equilibrio, puede verse que la solubilidad a la temperatura ambiente solo del 0,1 por 100. Se forma un eutéctico de aproximadamente 11,7 por 100 de silicio, y las estructuras correspondientes a contenidos inferiores están constituidas por aluminio primario y eutéctico, mientras que las de contenidos superiores están formadas por silicio primario y el eutéctico en proporciones adecuadas al contenido de silicio.

Ilustración 25. Diagrama de fases aluminio silicio



HOWARD, 1962

Cuando se cuelean las aleaciones aluminio-silicio es necesario emplear el tratamiento llamado de ennoblecimiento o modificación, porque cuando hay más de 8 por 100 de silicio la estructura eutéctica resulta muy grosera si se cuele en arena, lo cual perjudica a las propiedades mecánicas y especialmente a la ductilidad. El tratamiento de la aleación líquida a una temperatura mínima de 750° C con sodio metálico basta para que se obtenga un eutéctico fino, con el silicio bien disperso y una ganancia considerable en propiedades mecánicas.

Para conseguir una estructura completamente modificada hay que hacer adiciones de 0,10 a 0,15 por 100 de sodio metal para conseguir el contenido residual necesario de, aproximadamente, 0,02 por 100. Con esta cantidad la modificación es satisfactoria. También puede introducirse el sodio por reducción de sales fundidas, que suelen ser mezclas de cloruro y fluoruro sódicos. Una vez que se ha añadido el sodio su contenido en la aleación no se mantiene constante, porque se pierde por volatilización y oxidación. Por ello se tiende a introducir un ligero exceso para compensar las pérdidas durante el tiempo de espera requerido para la eliminación de gases y el ajuste de la temperatura necesaria de colada. Este período de espera permite que el vapor de sodio ocluido por agitación y el hidrógeno disuelto se desprendan antes de la colada; para facilitar esta eliminación es necesario romper la película superficial de óxido por adición de un fundente recubriente adecuado.

Mientras que los diagramas de equilibrio para las aleaciones binarias de aluminio son relativamente sencillos, la mayoría de las aleaciones contienen muchos aleantes a la vez y resultan sistemas muy complejos, apareciendo en las estructuras constituyentes que no siempre son fáciles de identificar. Hay publicados atlas de micrografías de las aleaciones de aluminio más usadas que ayudan mucho a la identificación de los constituyentes si a la vez se describen completamente las técnicas empleadas para el ataque. Citaremos, p. ej., la Aplicación Typical Microstructures of Cast Metals, publicado por el institute of

British Foundrymen, y el tomo dedicado a aleaciones ternarias de aluminio del clásico atlas metalográfico de Hanemann y Scharader.

Las aleaciones mejorables por tratamiento térmico suelen contener dos o más metales de solubilidad variable en el aluminio, capaces de formar compuestos intermetálicos entre sí o con el aluminio. En el caso sencillo de una aleación aluminio-cobre, a que ya nos hemos referido, el aluminio a, aproximadamente, 500° C disolverá (si se da suficiente tiempo) algo más de 4 por 100 de cobre; al templar la solución sólida desde esta temperatura, el exceso de cobre sobre el soluble a la temperatura ambiente se mantendrá en solución sobresaturada e inestable. Aún a la temperatura ambiente se produce una precipitación lenta, y el efecto es conocido como envejecimiento espontáneo. Desde el punto de vista práctico lo mejor es recalentar después del temple a temperaturas de entre 180 y 200° C, a las que se precipitan partículas submicroscópicas, lográndose las mejores propiedades. Es precisamente el grado de dispersión de la fase Cu A otros compuestos (como el Mg_2Si) precipitados el que determinan mayor resistencia y dureza de las aleaciones de aluminio correctamente tratadas. (HOWARD, 1962)

14. CARACTERÍSTICAS DE HORNOS PARA FUNDICIÓN

Aunque se emplearon con frecuencia los crisoles de hierro para la colada en coquilla en los primeros tiempos de la fundición en aluminio, parece ser que han perdido aceptación y se utilizan poco actualmente. Un argumento contra su uso es el peligro de contaminación por el hierro, especialmente cuando las aleaciones contienen silicio; si los crisoles se mantienen limpios y adecuadamente revestidos, el peligro es muy pequeño. Con cualquier tipo de crisol al cerrarse las puertas inferiores del horno al apagar los quemadores porque de otra manera se produce una oxidación considerable del crisol por el aire succionado.

Prácticamente se pueden emplear todos los tipos de horno de fundición no férrea para fundir las aleaciones ligeras. En fundiciones pequeñas se emplean hornos de foso calentados por coque y hornos semiportables de tiro forzado, pero no son adecuados para el aluminio porque es difícil el control de la temperatura.

Los hornos de crisol fijo tienen la ventaja de que los gases de la combustión no se ponen en contacto con el metal contenido en el crisol, pero en el caso de los crisoles incluidos dentro de los hornos calentados por coque o por aceite es conveniente el empleo de un fundente protector. La protección aún es más necesaria en los hornos de reverbero de llama directa. El óxido de aluminio se forma en todas las superficies libres del metal fundido y es una buena protección contra la oxidación posterior, pero sea esta acción intensificada o no por la presencia de fundentes, hay que tener cuidado de no agitar o revolver la superficie. El óxido de aluminio retarda la absorción de gases del exterior cuando se mantiene como una capa cubriente intacta. También retrasa el paso de los gases desde el metal a la atmósfera, por lo que puede contribuir una retención de los gases que la aleación haya podido absorber durante la fusión. Un método de desgasificación consiste en mantener el metal líquido en reposo y cubierto con un fundente protector que permita a los gases difundirse en la atmósfera cuando se

han apagado los quemadores; este método es de aplicación limitada por el tiempo que lleva y por la pérdida de temperatura durante el período de reposo.

Para la colada en coquilla suelen emplearse los hornos de crisol fijo no basculantes como hornos de fusión y de espera, especialmente cuando se cuela en serie y se necesita disponer de metal fundido a intervalos frecuentes durante la jornada de trabajo. Es corriente que el horno de crisol sea alimentado por un horno de fusión en masa, generalmente cilíndrico semirrotativo. El metal se sangra en cucharas transportadoras que se descargan en el horno de crisol. El crisol en forma de artesa de los hornos de espera es fácilmente accesible para las diversas operaciones de desgasificación y modificación que sean necesarias.

Desde el punto de vista de la calidad parecen interesantes los hornos de fusión de baja frecuencia, especialmente para el trabajo continuo; hay, empero de diversas razones de índole práctica que han impedido que estos hornos sean de uso general en las funderías.

Las funderías raramente necesitan para colar una pieza más metal del que puede suministrarse con uno o más hornos basculantes de crisol fijo, pero cuando se necesitan grandes cantidades (como en la fabricación de lingotes) se funden cargas de 10 toneladas en hornos rotativos cilíndricos calentados con aceite. Mayores cantidades, de 20 a 15 toneladas, se funden en hornos estáticos de reverbero.(HOWARD,1962)

15. CONSIDERACIONES PARA LA FABRICACIÓN DE LOS MOLDES DE COQUILLA

Es importante tener varios aspectos importantes a la hora de diseñar un molde de coquilla para fundición, estos requieren de todos los conocimientos que se puedan obtener de la ingeniería para obtener resultados congruentes con los datos suministrados para tener resultados óptimos

15.1 MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DEL MOLDE DE COQUILLA

Un punto vital para la manufactura de las piezas son la duración de los moldes debido al desgaste que pueden sufrir por la abrasión de las coladas que con el tiempo van desgastando los canales por donde fluye el material, otro aspecto a tener en cuenta son los cambios bruscos de temperatura que se generan al calentar los moldes al recibir la colada ya que esta a su vez proviene con un grado de temperatura mucho más elevado generando un choque térmico que debe ser absorbido por el material. Al estar expuesto a estos cambios el material debe ser resistente a las tensiones que se generan en su estructura y no fracturarse porque se perdería el molde, también debe mantener su forma y no dilatarse en gran forma, ya que la pieza obtenida no tendrá las dimensiones adecuadas, en la práctica el material más utilizado para la fabricación de moldes de coquilla son aceros de herramientas el más apropiado es el AISI H13 que posee propiedades óptimas para la fabricación de moldes ya que soporta perfectamente los choques térmicos y su fácil maquinabilidad mejora su capacidad para la modelación de piezas complejas en su geometría, también este material posee buena capacidad para el templado.(MATBEW@2008).

Tabla 3. Propiedades aceros AISI H13

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	<u>7.8 g/cc</u>	0.282 lb/in ³	
Mechanical Properties			
Hardness, Rockwell C	49 - 51	49 - 51	air or oil quenched and tempered at 595°C (1100°F).
Hardness, Rockwell C	45 - 47	45 - 47	air or oil quenched and tempered at 620°C (1150°F).
Hardness, Vickers	549	549	Converted from Rockwell C Hardness.
Tensile Strength, Ultimate	<u>1990 MPa</u>	289000 psi	
Tensile Strength, Yield	<u>1650 MPa</u>	239000 psi	
Elongation at Break	<u>9 %</u>	9 %	
Modulus of Elasticity	<u>210 GPa</u>	30500 ksi	at 20°C
Bulk Modulus	<u>140 GPa</u>	20300 ksi	Typical for steel.
Poisson's Ratio	0.3	0.3	Calculated
Machinability	<u>50 %</u>	50 %	Based on 1% carbon steel. as 100% machinability
Shear Modulus	<u>81 GPa</u>	11700 ksi	Estimated from elastic modulus

MATBEW@2008

Thermal Properties

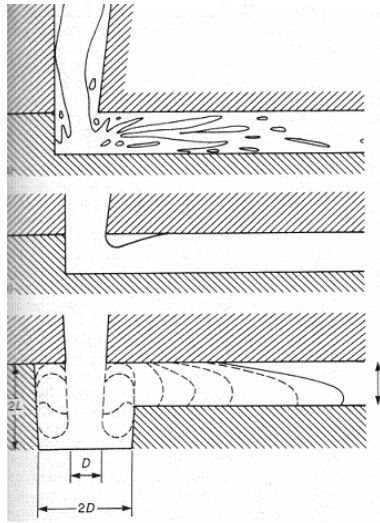
CTE, linear 20°C	<u>11 µm/m-°C</u>	6.11 µin/in-°F	25 - 95°C
CTE, linear 250°C	<u>11.5 µm/m-°C</u>	6.39 µin/in-°F	25 - 205°C
CTE, linear 500°C	<u>12.4 µm/m-°C</u>	6.89 µin/in-°F	25 - 540°C
Specific Heat Capacity	<u>0.46 J/g-°C</u>	0.11 BTU/lb-°F	from 0-100°C (32-212°F)
Thermal Conductivity	<u>24.3 W/m-K</u>	169 BTU-in/hr-ft ² -°F	at 215°C; 24.4 W/m-K at 350°C, 24.3 at 475°C; 24.7 at 605°C

MATBEW@2008

15.2 PRINCIPIOS PARA LOS CANALES DE ALIMENTACIÓN (COLADA)

- Velocidad de llenado del molde. Los canales de alimentación son vitales para el buen terminado al llenado del molde y su buen acoplamiento de la alenación de aluminio con el molde, es importante comprender como un fluido se comporta en circunstancias controladas, el llenado de este molde será por presión atmosférica, es más la experiencia en muchos casos del moldeador que entrega el metal liquido al molde, las velocidades recomendadas para el llenado del molde con aluminio son de 0.2m/s a 0.5m/s para un buen llenado, si se tienen velocidades menores a la descritas pueden generar que las piezas salgan con imperfecciones por el material. (CAMPELL,2001)
- Eliminación de la turbulencia. El fluido del material entra con una velocidad alta al no haber más liquido en los conductos del molde por esto se deben tener pozos en el fondo del molde para poder detener el choque que genera el fluido produciendo turbulencia en los fluidos provocando muy mala calidad en el llenado del molde y que provoca salpicaduras en el molde, por eso se generan formas para atenuar este fenómeno, se muestran en las ilustraciones los problemas más comunes que se presentan. En la ilustración 26 se muestran tres casos, primero cuando el metal fundido entra y general el salpicado del metal, el segundo forma turbulencia generando turbulencias y en el tercer caso se ve como es la mejor forma de disminuir estos problemas anteriores.

Ilustración 26. Fuentes para flujos del material fundido con el molde

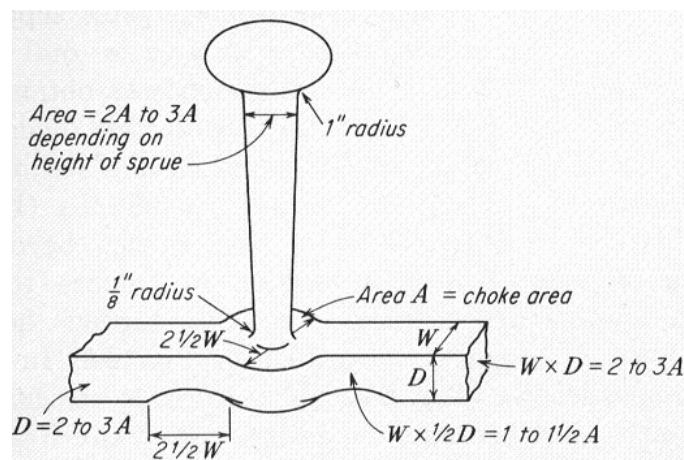


CAMPELL,1991

- Tamaño del alimentador (Colada). Es importante saber que la pieza al ser desmoldada se retira la pieza con los canales al tiempo ya que se encuentran unidos al mismo tiempo, hay que tener en cuenta que el material se evapora y se oxida en un porcentaje del 7% del peso completo del la pieza por ende es mejor tener un canal eficiente para disminuir el desperdicio de aluminio.
- Facilidad de desmolde. Aunque los canales de alimentación de la colada no debe presentar problemas con el desmolde estas deben tener ángulos de salida suaves para que el aluminio no se quede atrapado en aristas bruscas generando un amarre del material con el molde, se recomienda redondear todos las aristas del canal.
- Fácil remoción de los canales. Cuando la pieza ha sido colada y enfriada se deben retirar los canales de las piezas es importante tener las herramientas adecuadas para poder dejar la pieza con la forma deseada, si la pieza posee maquinados se recomienda hacer los canales de alimentación por estas partes ya que estas partes cuando serán maquinadas eliminaran cualquier imperfección que dejaría los canales de alimentación de la colada.

Anteriormente se fabricaban a prueba y error y solo con mucha experiencia se lograban buenos resultados en las coladas de los modelos, esto genero más un estudio de relaciones de llenado para moldes los cuales son como ejemplos 1:3:3 que nos da poca presión del material fundido llegando al molde es optimo para velocidades bajas ya que esto funciona de la siguiente forma en la ilustración 27 se muestran las diferentes formas que toman las aéreas

Ilustración 27. Aéreas del alimentador de colada



HEINE, 1967

La parte superior del alimentador de la colada, varia de 2 a 3 veces el área A y la salida también varia de 2 a 3 veces el área A. El área A se encuentra localizada en donde se genera el choque del metal líquido con el molde, o sea es el área encima del pozo que detiene el choque violento del aluminio con el molde.

15.3 FUNCIÓN DE LAS PUERTAS (GATES)

La función primordial de estas zonas es detener el fluido turbulento y convertirlo en fluido laminar mejorando el llenado del molde evitando el splash generado en la bajada del material en forma laminar, esto se genera de la siguiente forma el material entra y va llenado el pozo lentamente y cuando el liquido llega al nivel del

siguiente canal que entra al molde, en si este regula el fluido en forma uniforme o laminarmente, esto produce que disminuya la velocidad para entrar al molde ya que la salida del material tiene un mayor tamaño que la entrada disminuyendo la velocidad del fluido.

15.4 FUNCIÓN DE LOS CANALES ALIMENTADORES (MAZAROTAS)

Asegurar la solidez en todas las partes de secciones variables y de complicado diseño de las piezas coladas de alta calidad para la construcción mecánica es un problema difícil para los moldeadores. Muchas piezas importantes se fabrican de metales que se contraen mucho después de la colada. Todos los metales férreos y no férreos requieren la alimentación con mazarotas, en proporción que depende del tipo de metal, para compensar la contracción y prevenir cualquier posibilidad de aparición de porosidad en las piezas acabadas. En grado diferente, según el tipo de aleación, conviene promover una solidificación dirigida, esto es, un desplazamiento de la interfase sólido/líquido o frente de solidificación hacia las partes del caldo más calientes (usualmente las últimas porciones coladas). Se ha desarrollado una verdadera ciencia alrededor de este problema de suministrar metal líquido de alimentación que compense la contracción de los metales durante la solidificación.

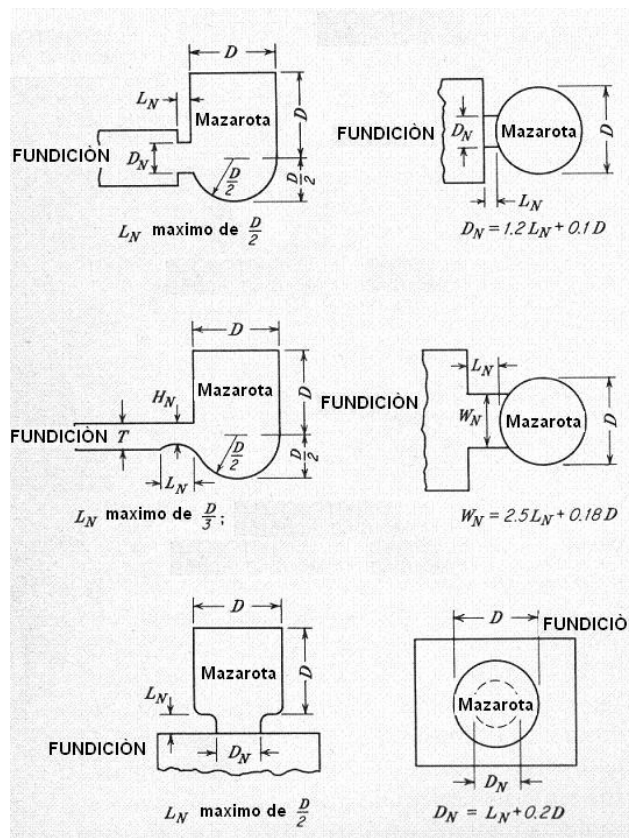
Un artificio al que se recurre frecuentemente para conseguir la solidificación dirigida es el empleo de enfriadores, que son masas de material frío (usualmente metálico) colocadas dentro del molde o formando parte de él. Entonces, alejado del enfriador, se dispone un depósito de metal líquido que puede seguir fluyendo dentro de la cavidad del molde a medida que se produce la contracción; tal depósito se conoce con el nombre de mazarota.

Los aceros y las fundiciones maleables experimentan contracciones considerables, por lo que el peso del metal de alimentación debe ser grande

respecto al peso de las piezas. Se deduce que con estos metales el rendimiento en piezas coladas (relación del peso de piezas buenas obtenidas al peso de metal total colado) es pequeño, por lo que se recurre a muchos sistemas para mejorar tal situación. También se llega a la conclusión de que la mayor dificultad en conseguir la solidificación dirigida se encuentra en piezas con variaciones notables de espesor en sus diferentes partes (HOWARD,1962)

Alguna de las formas recomendadas para hacer estas mazarotas o respiraderos para el almacenamiento de metal fundido para las contracciones, se muestran en la siguiente ilustración 27, dependiendo de la forma se calcula su tamaño.

Ilustración 28. Diagramas de mazarotas o respiraderos



HEINE,1967

15.5 EVACUACIÓN DE GASES

Este aspecto es importante para la buena entrada del líquido al molde debido a que si existen gases en el molde al momento de entrar en todas las cavidades generando deformaciones en la pieza.

Al tener una buena evacuación del aire dentro del molde no se generan micro porosidades (rechupes), burbujas que afectan las superficies de la pieza diseñada en el molde.

Es vital la ubicación de estos respiraderos para lograr una optima evacuación de los gases y el aire que posee el molde antes de entrar el fluido, lo más lógico es ponerlos en la parte superior el molde para mejorar la salida de los gases, estos deben tener un tamaño adecuado que no deje salir el metal fundido por estos respiraderos.

El aire no puede salir por los conductos regulares de alimentación ya que estos al tener un flujo en un sentido contrario dejaría atrapado el aire dentro de la pieza.

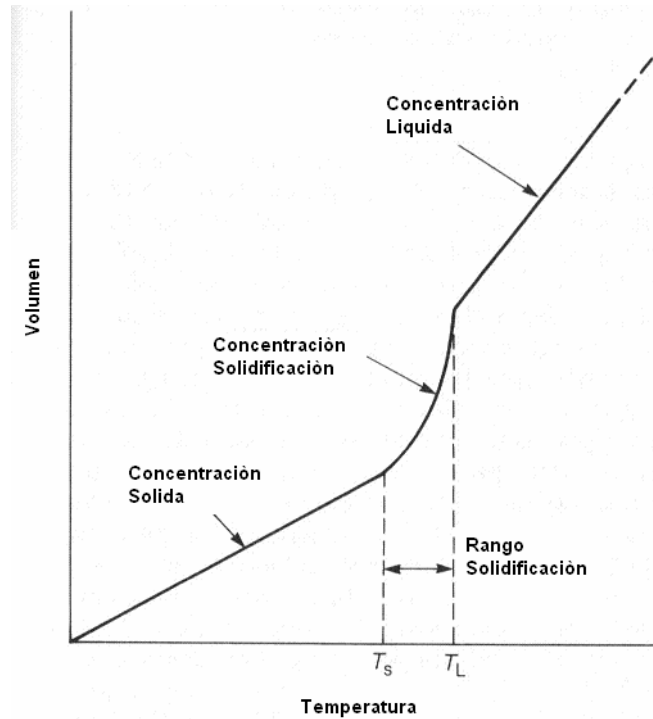
15.6 CONTRACCIONES

Todos los materiales sufren contracciones cuando se calientan y estos se dilatan o al contrario al enfriarse se contraen, en este caso el molde de acero AISI H13 y tiene una capacidad de expandirse en un 2% por el tratamiento térmico al que se somete, el aluminio por el contrario se contrae en un porcentaje de 6 a 7%.

Debido a esta cualidad de los materiales los moldes deben poseer un aumento en su volumen para compensar las contracciones del material de la colada, para que cuando la pieza se enfrié y se contraiga tenga las medidas deseadas, por este motivo el molde debe poseer un aumento del 9%

En la siguiente ilustración 28 se puede observar cómo se contrae o reduce su volumen a la vez que el material se va solidificando en tres fases, también en la tabla 4 podemos observar las contracciones que sufre diferentes clases de materiales.

Ilustración 29. Diagrama de fases aluminio



CAMPELL 1991

Tabla 4. Contracción de los materiales

<i>metal</i>	<i>Crystal structure</i>	<i>Melting point °C</i>	<i>Liquid density (kg/m³)</i>	<i>Solid density (kg/m³)</i>	<i>Volume change (%)</i>	<i>Ref.</i>
Al	fcc	660	2 368	2 550	7.14	1
Au	fcc	1063	17 380	18 280	5.47	1
Co	fcc	1495	7 750	8 180	5.26	1
Cu	fcc	1083	7 938	8 382	5.30	1
Ni	fcc	1453	7 790	8 210	5.11	1
Pb	fcc	327	10 665	11 020	3.22	1
Fe	bcc	1536	7 035	7 265	3.16	1
Li	bcc	181	528	—	2.74	4, 5
Na	bcc	97	927	—	2.6	4, 5
K	bcc	64	827	—	2.54	4, 5
Rb	bcc	39	1 437	—	2.3	4, 5
Cs	bcc	29	1 854	—	2.6	4, 5
Tl	bcc	303	11 200	—	2.2	2
Cd	hcp	321	7 998	—	4.00	2
Mg	hcp	651	1 590	1 655	4.10	3
Zn	hcp	420	6 577	—	4.08	2
Ce	hcp	787	6 668	6 646	−0.33	1
In	fct	156	7 017	—	1.98	2
Sn	tetrag	232	6 986	7 166	2.51	1
Bi	rhomb	271	10 034	9 701	−3.32	1
Sb	rhomb	631	6 493	6 535	0.64	1
Si	diam	1410	2 525	—	−2.9	2

CAMPELL 1991

16. DISEÑO DEL MOLDE BLOQUE MOTOR POR COQUILLA

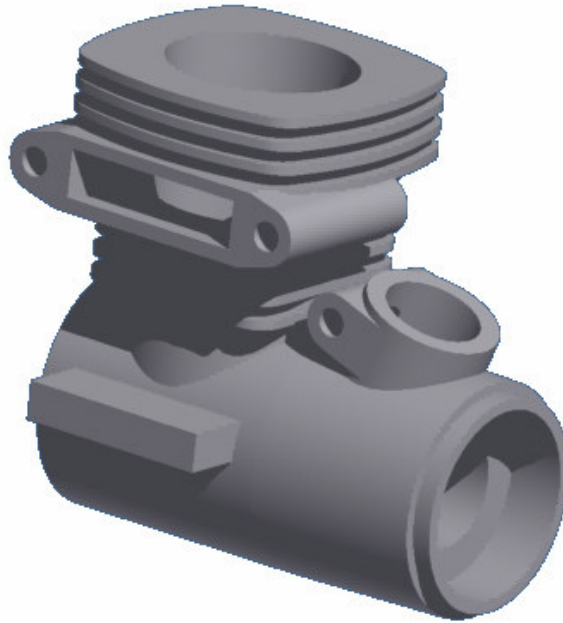
En primera instancia debemos hacer una modelación para la pieza que deseamos hacer el molde, para esto utilizamos programas computacionales CAD siglas de Computer Asisted Design en este caso se utilizara Autodesk Inventor 2008, se decidió hacer una reingeniería de un bloque motor existente para tener un bloque comercial con medidas estándares y así poder hacer una pieza que es funcional para motores de combustión interna de 2 tiempos.

Se utilizo Autodesk Inventor por su gran capacidad para el diseño de piezas complejas en formas geométricas, por medio de este programa hacemos el modelo del bloque motor ya que tienen buenos detalles en la geometría de la pieza.

Después de realizado el modelado de la pieza que se genera, se deberá exportar a otro programa que genere un modelado del flujo del material para el modelo descrito y poder observar el comportamiento del material a medida que este es llenado por la fundición.

Se escoge el método de fundición por coquilla y de llenado por gravedad para la fabricación del bloque motor, esto es debido a las grandes ventajas que posee los moldes metálicos frente a los moldes de arena y de cera perdida, la decisión se toma por la buena calidad en el terminado superficial de grandes detalles que con los métodos de fundición antes descritos no se alcanzarían excepto por la fundición por inyección que manejan los mismos moldes pero la diferencia es que la colada es inyectada a una presión dada y no por gravedad.

Ilustración 30. Render del bloque motor en isométrico



URREGO, 2008

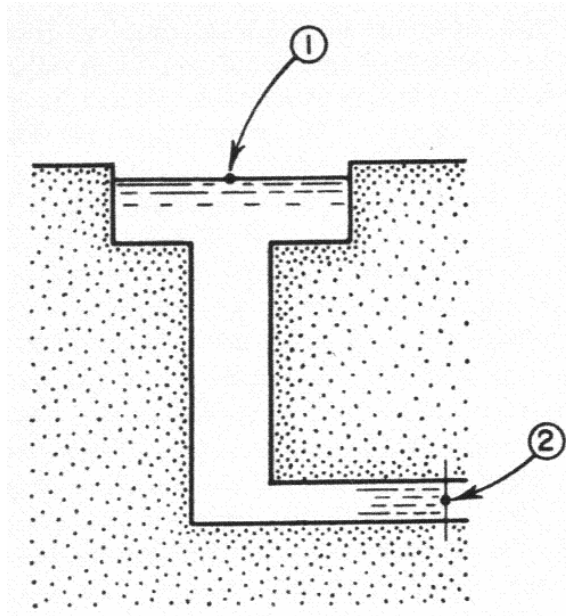
16.1 CANALES DE ALIMENTACIÓN DEL BLOQUE MOTOR (COLADA)

Los canales de alimentación para la colada son muy importantes en la entrada del material líquido ya que estos nos regirán la velocidad a la cual la colada entra y llena todos los espacios en el molde, se tienen muchas formas prediseñadas para la entradas al molde, es importante saber cuáles son las velocidades de llenado y el tiempo de llenado, el cual se puede calcular con las áreas de los canales al molde.

Se realizaron los siguientes cálculos primero con la entrada del aluminio líquido para encontrar su caudal y poder saber a qué velocidad entrara la fundición al molde, después de analizar la geometría del molde se encontró que la velocidad de entrada a los canales inferiores era de 1.27m/s estando por encima del rango

entre el rango de 0.5m/s a 0.2m/s, el cual se calculo la siguiente forma, primero en la ilustración 29 se muestra como calcular la velocidad de un fluido.

Ilustración 31. Velocidad de un fluido por gravedad



HOWARD,1962

Por medio de las formulas

Punto 1

$P_1 = 1 \text{ atm}$

$V_1 = 0$

Altura en 1 = 0.083 m

Punto 2

$P_2 = 1$

$V_2 = ?$

Altura en 2 = 0 m

$$V2 = \sqrt{2 * g * h} = \sqrt{2 * 9.81 * 0.083}$$

$$V2 = 1.27 \text{ m/s}$$

Aunque está por encima del rango mínimo este fluido se divide a la mitad por la propiedad que posee el molde que al mismo tiempo llena dos cavidades entonces el área de salida se multiplica el doble dando como resultado una velocidad en cada canal de salida de 0.635m/s cercana a la sugerida anteriormente con esta velocidad se observa que no genera problemas en el llenando de la pieza esto lo podremos observar más adelante en las simulaciones basadas en SOLIDcast.

Los datos que se calculan a continuación son los de caudal y tiempo de llenado y se calculan de la siguiente forma.

Velocidad de flujo= 1270 mm/s

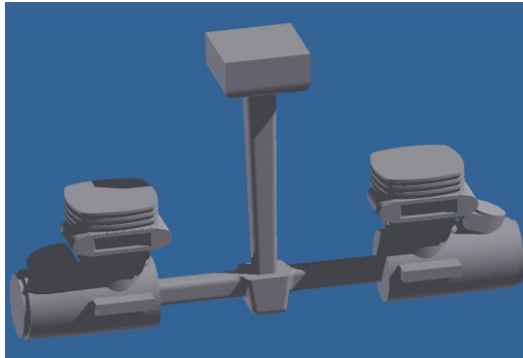
Área transversal del canal de alimentación del molde= 8mm * 8mm= 64mm²

Caudal=Area * Velocidad = 64mm² * 1270mm/s= 81280mm³/s

Volumen de la pieza más canales= 181267.221mm³.

Para tener un mejor aprovechamiento del proceso se decidió hacer dos bloques al tiempo en la misma colada esto se debe al poco tamaño de la pieza a fundir dando buen espacio para poder hacer dos bloques de motor simultáneos, al tener este diseño como se muestra en la ilustración 29, se debe re calcular el caudal ya que el área será el doble que la anterior.

Ilustración 32. Render Canales de alimentación colada



URREGO, 2008

Área transversal del canal de alimentación del molde= $8\text{mm} * 8\text{mm} * 2 = 128\text{mm}^2$

Caudal=Área * Velocidad= $128\text{mm}^2 * 1270\text{mm/s} = 162560\text{mm}^3/\text{s}$

Con los datos obtenidos anteriormente podemos calcular el tiempo de llenado del molde se calcula de la siguiente formula.

$T = \text{Volumen} / \text{Caudal}$

$T = 181267.221\text{mm}^3 / 162560\text{mm}^3/\text{s}$

$T = 1.11$ segundos

Este tiempo es muy corto para el llenado es casi inmediato ya que el volumen a llenar es muy pequeño por lo cual decidí aumentar el tiempo de llenado para poder observar mejor el llenado del molde, al aumentar esta variable a 4 segundos se cambia el flujo en el molde pasamos de una velocidad de 1270mm/s a 354mm/s , así.

$4 = 181267.221 / \text{Caudal}$

Caudal= $45316.8052\text{mm}^3/\text{s}$

$Q = \text{Área} * \text{Velocidad}$

Velocidad= 354mm/s

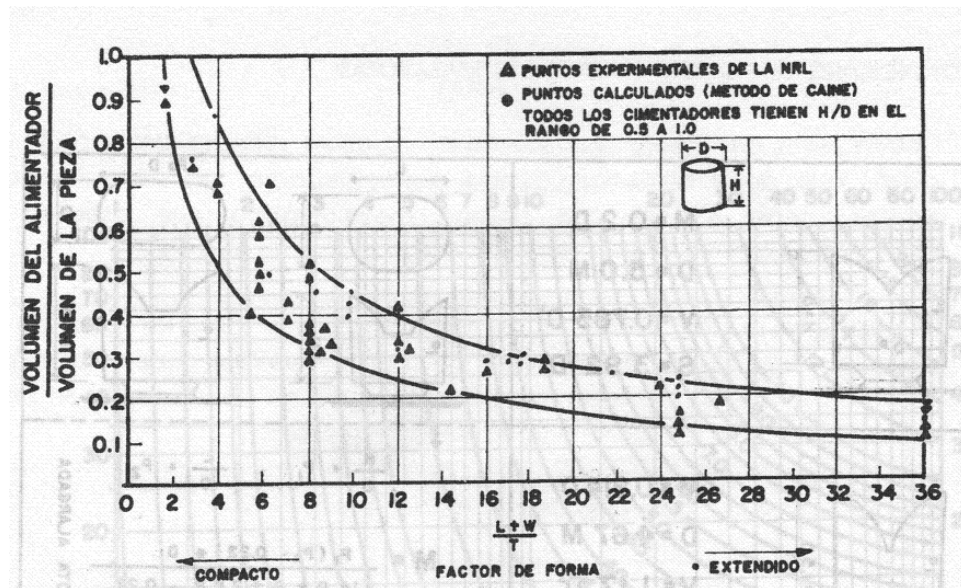
Una velocidad que se encuentra en el rango sugerido de 500mm/s a 200mm/s

16.2 CANALES DE ALIMENTACIÓN (MAZAROTA)

Estos canales son importantes para el enfriamiento de la pieza, se logran calculando su volumen debido a que los materiales al enfriarse tienden a tener un retroceso o llamado rechupe del material, para fundiciones de aluminio posee una contracción del 7%,.

Estos depósitos se deben hacer teniendo en cuenta algunas normas para saber que tamaño deben tener las mazarotas en la siguientes ilustraciones 30 se observan como calcular el volumen del depósito.

Ilustración 33. Determinación del volumen de la mazarota



ING MARIO VELÁSQUEZ M.

Con base en la ilustración anterior se asume que entre más alto y delgado es el sentido de la pieza más grande es el volumen de la mazarota, como ejemplo la placa que está en el imagen anterior muestra un aplaca acostada, la formula muestra $(l+w)/T$, sería así la longitud más profundidad, esto dividido por el

espesor, el factor seria $(18+18)/2$ dando como resultado 18 como muestra la imagen anterior

En cambio si la fundición es con la placa parada todo cambia y seria $(18+2)/18$ da como resultado 1.11 de factor y ya es muy elevado.

Como el bloque del motor se va a fundir por gravedad y para poder extraer fácil los gases se pone de forma vertical teniendo su mayor longitud de altura, entonces los datos quedan de la siguiente manera, aunque sabemos que el bloque no es cuadrado se aproxima para poder tener un dato optimo del alimentador, teniendo como datos

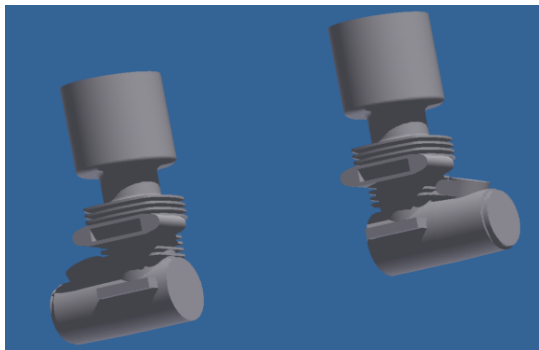
$$L = 47.5 \text{ mm} = 1.87 \text{ in}$$

$$W = 40 \text{ mm} = 1.57 \text{ in}$$

$$T = 50 \text{ mm} = 1.96 \text{ in}$$

Dando como factor de 1.75. Observando la ilustración 30 se aproxima a un valor de 0.8, entonces el volumen del alimentador se calcula así, Volumen alimentador / Volumen pieza = 0.8, donde el volumen del alimentador es: $V_{\text{alimentador}} = 0.8 * 38767,001 \text{ mm}^3$, dando como resultado de 31013.6008 mm^3 para la mazarota.

Ilustración 34. Render Mazarotas de material para enfriamiento



URREGO, 2008

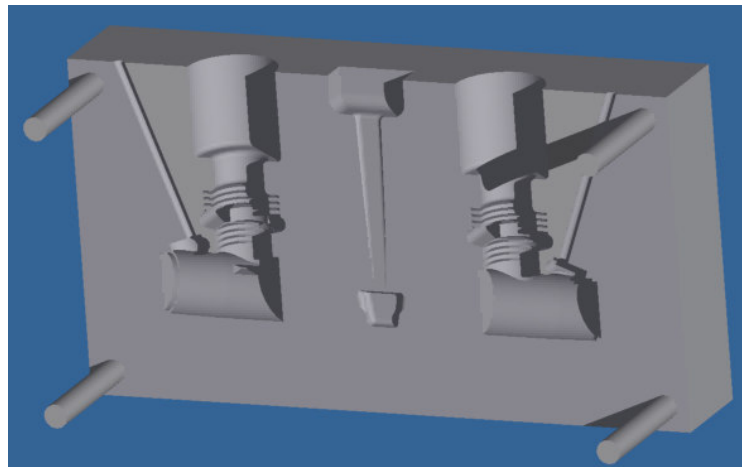
16.3 MODELADO DEL MOLDE DE COQUILLA PARA EL BLOQUE MOTOR

Se diseña el molde por medio de Autodesk Inventor Professional 2008 con los cuales podemos ver como son los moldes, esto se logra manejando las herramientas de aéreas del programa CAD, en este caso el molde derecho e izquierdo son casi prácticamente iguales, solo por la parte del escape del bloque de resto ambas caras son iguales.

16.3.1. Molde izquierdo coquilla

En este molde se aprecia parte del canal de la colada pero solo hasta la bajada al pozo, esto es para que el molde en la parte inferior donde se encuentran las compuertas se desgasten menos en este molde, contiene la parte compleja del desfogue del bloque motor como se ve en la ilustración 32

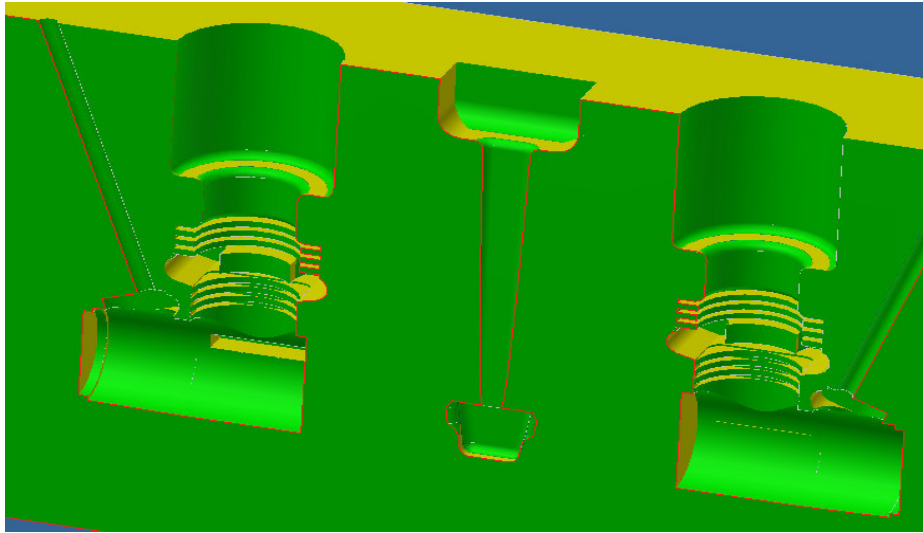
Ilustración 35. Render molde izquierdo del bloque motor



URREGO, 2008

Por medio de inventor podemos observar los ángulos de salida del bloque las zonas que están de color verde no presentan ningún inconveniente pero en las zonas más amarillas el ángulo es muy corto de salida y se ajusta un poco más del molde como observamos en la ilustración 33

Ilustración 36. Render de zonas de ángulos.

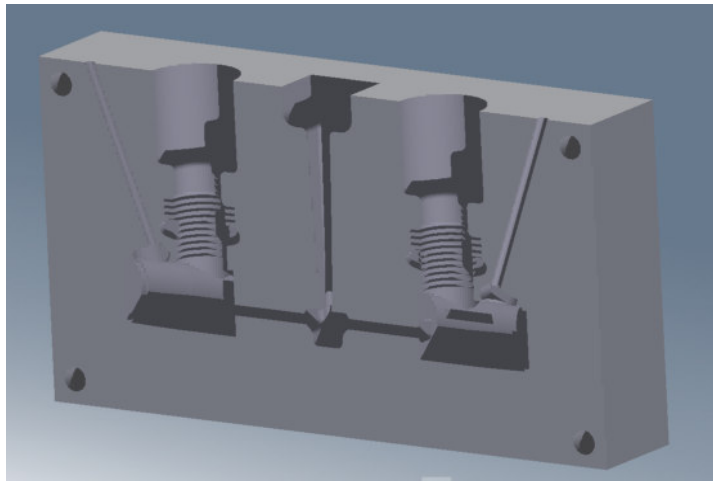


URREGO, 2008

16.3.2. Molde derecho coquilla

Este molde muestra el conducto de alimentación de la colada mucho mejor, es más fácil su geometría porque no posee ninguna zona compleja en toda la pieza, en la ilustración 34 también podemos ver los ángulos de salida del molde siendo verde las zonas mínimas de ajuste y las amarillas las mas ajustadas.

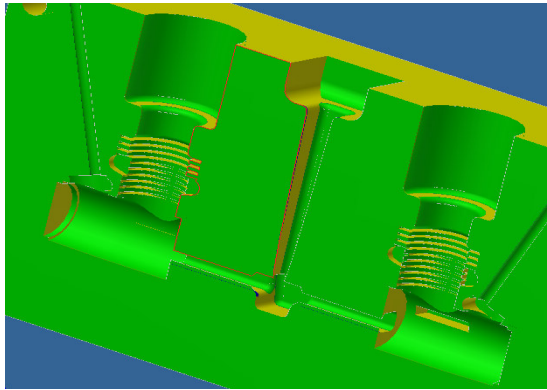
Ilustración 37. Render molde derecho del bloque motor



URREGO,2008

Como vimos anteriormente estas son las zonas más críticas que están de color amarillo y generan que sacar la pieza sea muy crítico con ángulos de salida de 1mm. Como se observa en la ilustración 35 es muy similar al molde izquierdo.

Ilustración 38. Render de zonas de ángulos.



URREGO,2008

17. PARAMETRIZACIÓN DEL ANÁLISIS

Primero que todo esto se apoyo en los sistemas computacionales para poder analizar el comportamiento del aluminio liquido en el molde para esto se puede claramente observar su funcionamiento con SOLIDcast que simula el comportamiento de la fundición desde que es colada hasta que se enfría completamente.

Bueno en este caso a una presión de 1 atmósfera ya que será llenado por gravedad, la temperatura de 640°C para la fundición ya que se encuentre en el rango dado por matweb .

También se incluyo el tiempo de llenado de la pieza que para el caso nos dio de 1.11 segundos por ser una pieza de volumen pequeño, para esta simulación tomaremos un tiempo de 4 segundos para ver claramente el llenado.

Ilustración 39. Información llenado del molde.

The screenshot shows the 'Materials List' dialog box with the 'Casting' tab selected. The 'Attributes' section contains the following data:

Attribute	Value	Unit
Alloy Name	Al 518.0	
Thermal Conductivity	96.17	(W/M-K)
Specific Heat	962.3	(J/KG-K)
Density	2574.089	(KG/M^3)
Initial Temperature	643	(C)
Solidification Temperature	437	(C)
Freezing Range	74	(C)
Latent Heat of Fusion	388175.063	(J/KG)
Fill Time	4	Seconds

Buttons 'From DB...', 'To DB...', and 'OK' are also visible.

FINITE SOLUTIONS, 2008

Luego de esto se ingresaron los datos del molde ya que se trabajara a una temperatura ambiente se pondrá una temperatura promedio de 32°C para los moldes se siguieren temperaturas de hasta 500°C para este tipo de fundiciones,

Ilustración 40. Información del molde permanente.

Materials List

Castings **Mold** Curves HT Coefficients

Materials in Database

- Air
- cast iron
- Chromite Snd
- Copper Chill
- Exo Sleeve

>> Remove from DB ^^

Add to list >>

<< Remove from List <<

^^Add to DB ^^

^^ Add to List ^^

Ambient Temperature 32.222 (C)

Materials in List

Name cast iron Type Normal Mold Initial Temp 500 (C)

Thrm Cond 0.59 (W/M-K) Spc Ht 1075.288 (J/KG-K) Dens 1521.71 (KG/M^3)

OK

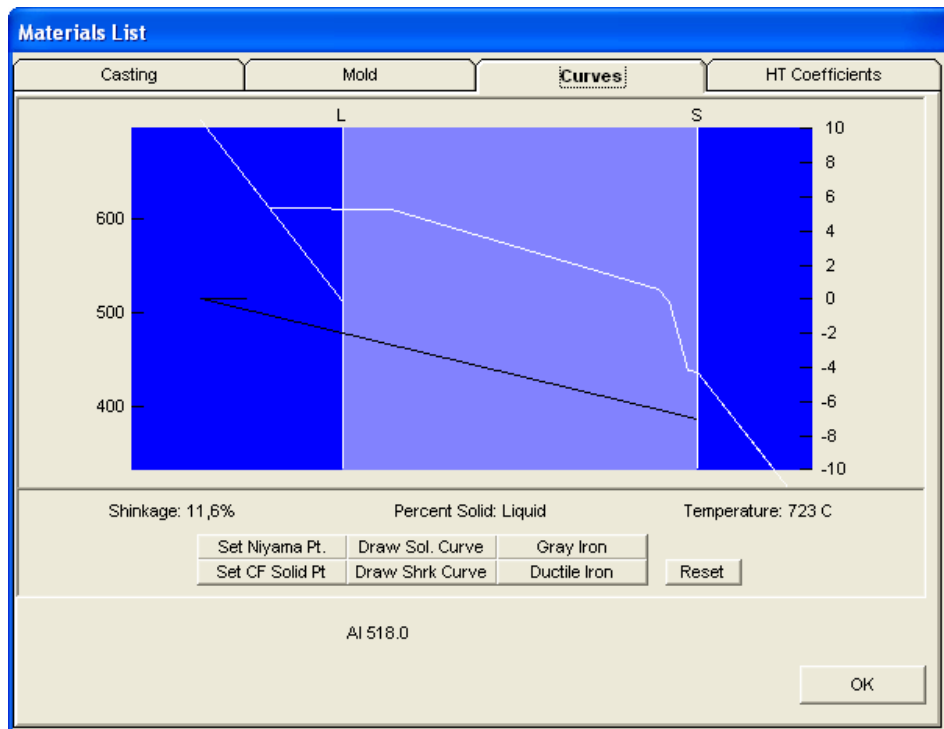
FINITE SOLUTIONS, 2008

Ya al haber ingresado los datos y con base a los datos de los materiales involucrados, SOLIDcast maneja esta información ya en sus propias bases de datos pero si por casualidad no se encuentra se deben introducir los datos manualmente del comportamiento de la aleación.

Se puede observar el comportamiento de las fases solidas y liquidas en un grafico de estados dado por SOLIDcast como podremos ver en la siguiente ilustración donde veremos como con la disminución de temperatura va aumentado el porcentaje de aluminio solidificado.

Esta grafica se distribuye de la siguiente manera en la parte azul del lado izquierdo se encuentra la fase liquida de la fundición, en el medio de fondo blanco se encuentra la fase liquida sólida, en la parte azul de la derecha se encuentra la fase sólida, podemos observar una línea negra que es la que nos muestra el cambio volumétrico de la fundición y la podemos leer al lado izquierdo del grafico, la línea blanca nos muestra el porcentaje sólido vs la temperatura que esta se puede leer en el lado izquierdo de la grafica.

Ilustración 41. Cambio volumétrico y porcentaje sólido VS la temperatura



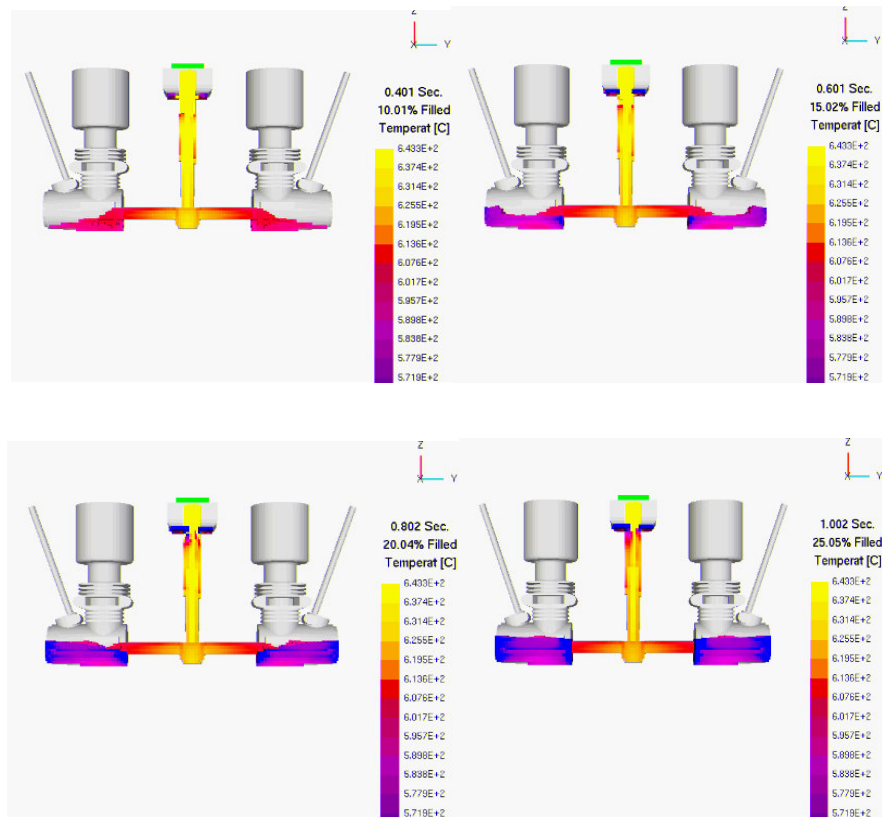
FINITE SOLUCION 2008

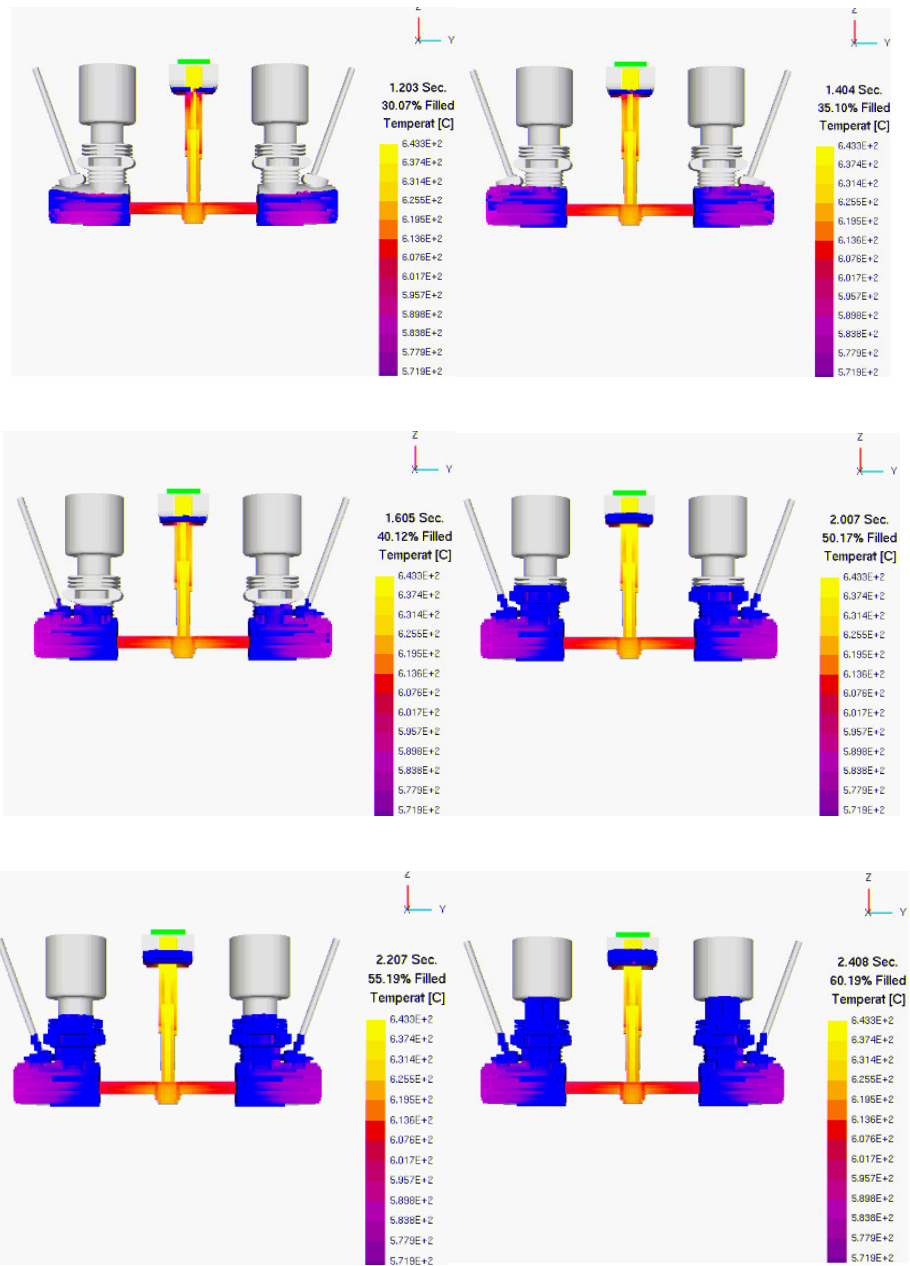
18. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN

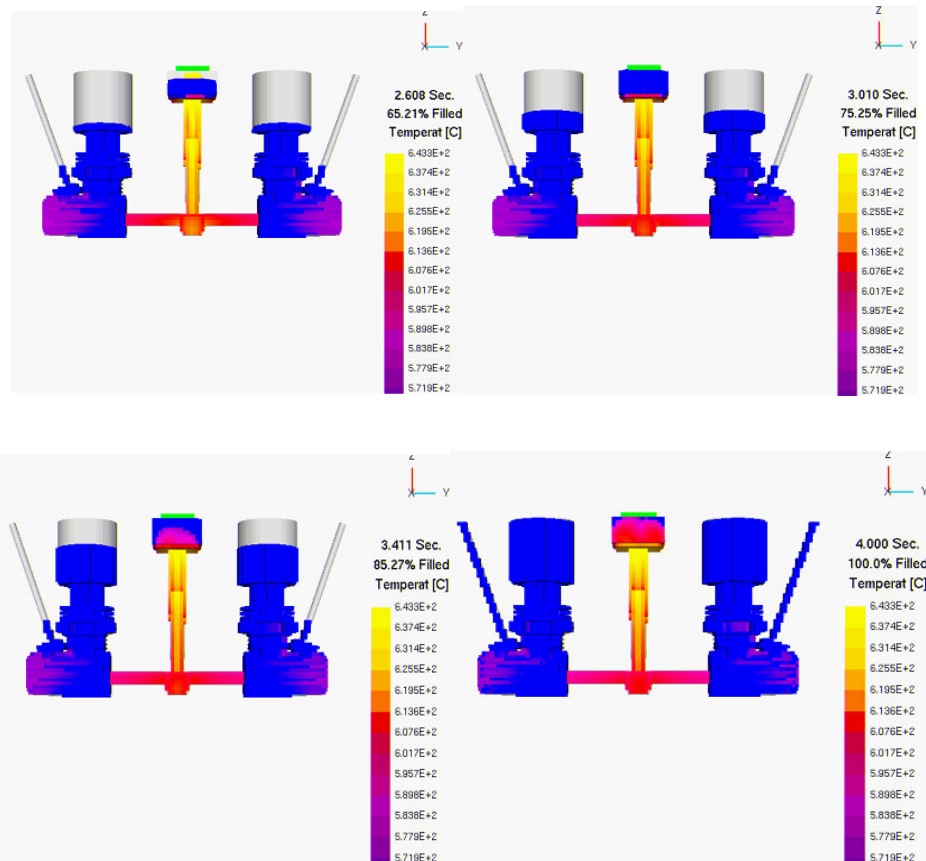
18.1 TEMPERATURAS DE LLENADO DEL MOLDE

Se Observa como SOLIDcast hace las simulaciones de llenado del molde con cambios de temperaturas a medida que el molde se va llenado, se puede notar que entre más alta sea la temperatura más amarillo se pone el grafico y la azul es todo lo contrario mucho más fría, es importante anotar que entre más caliente quede el modelo puede generar rechupes en la pieza generando imperfectos graves en el bloque, en la simulación muestra que estos puntos solo se quedan en los canales de alimentación de la colada mejorando su calidad de enfriamiento.

Ilustración 42. Temperaturas de llenado por medio de SOLIDcast





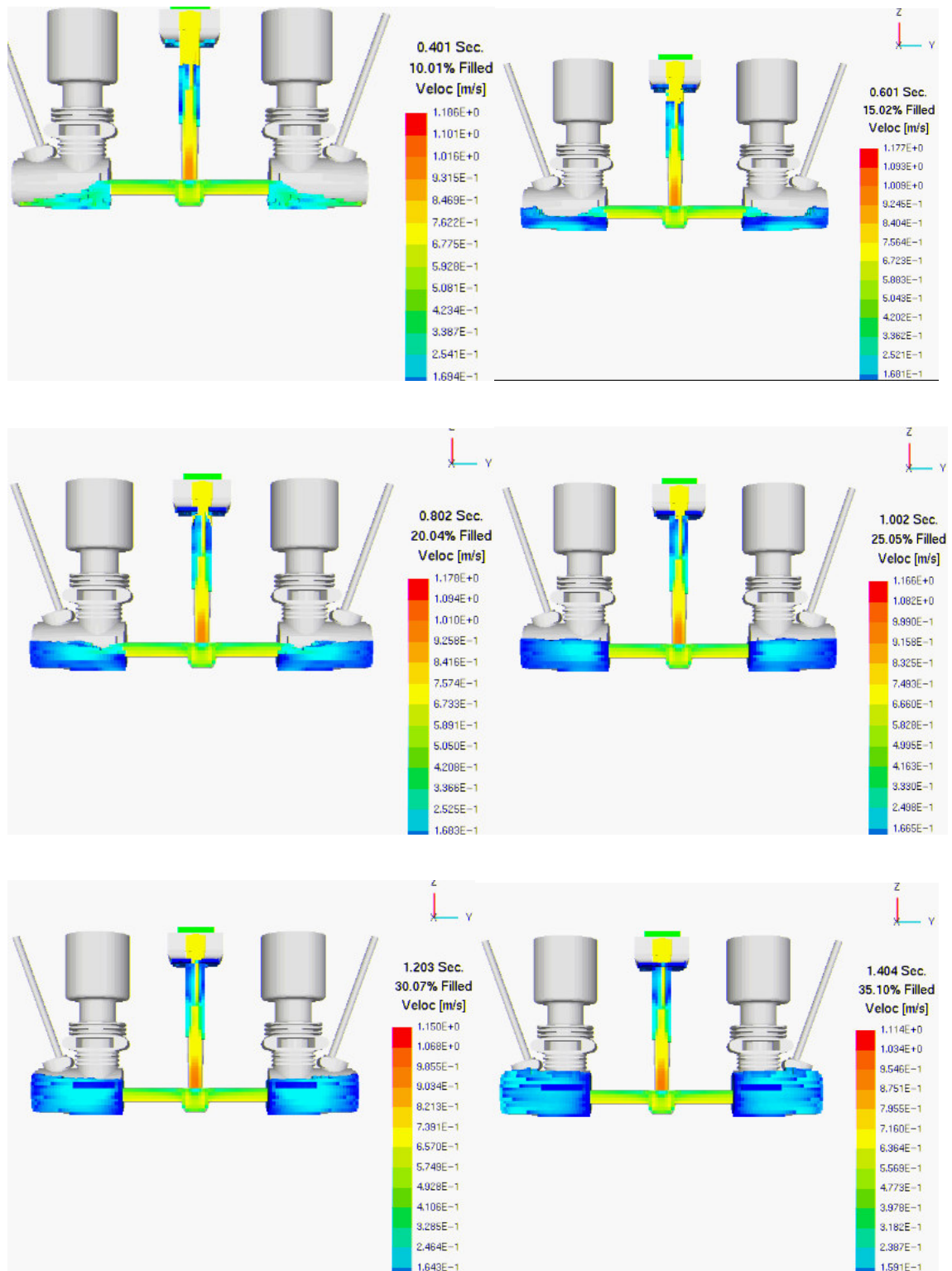


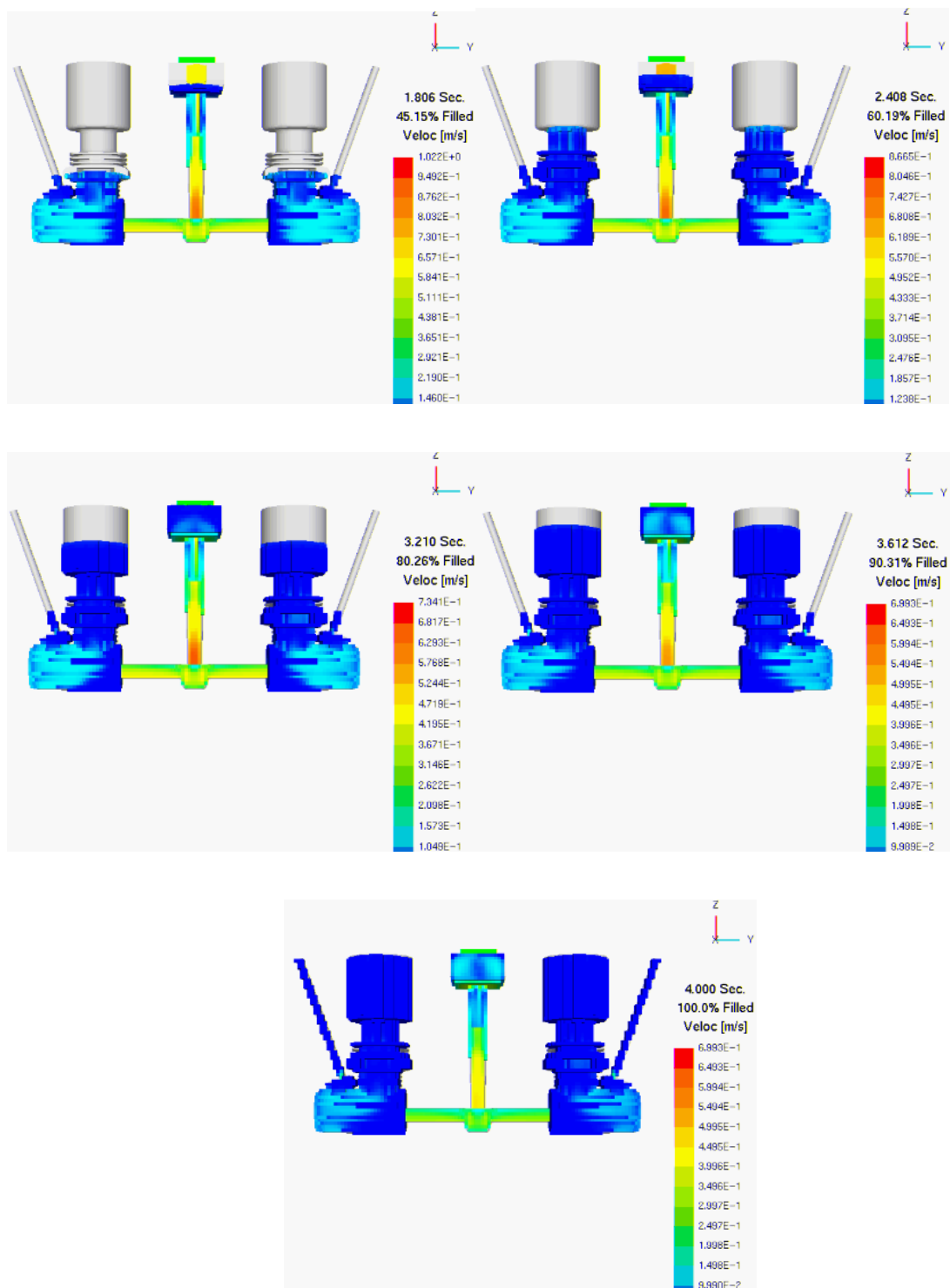
Laboratorio de materiales Universidad de Antioquia

18.2 VELOCIDAD DE LLENADO DEL MOLDE

Después de observar las temperaturas tenemos las velocidades de llenado del molde que es una variable importante para el buen llenado de toda la pieza, antes se había calculado la velocidad del llenado del molde dando como resultado una velocidad de 354mm/s a la entrada del molde para un llenado de 4 segundos, en las simulaciones se tuvo unos datos muy acordes a los calculados anteriormente ya que las imágenes que veremos a continuación demuestran que el flujo entro a una velocidad de entre 3mm/s a 5mm/s después de estabilizar el flujo se mantiene en una velocidad mas baja de entre 2mm/s y 4mm/s estando más en la velocidad optima de llenado. En las siguientes imágenes veremos el llenado con sus velocidades todo estos videos se encuentran en los anexos.

Ilustración 43. Velocidades de llenado por medio de SOLIDcast

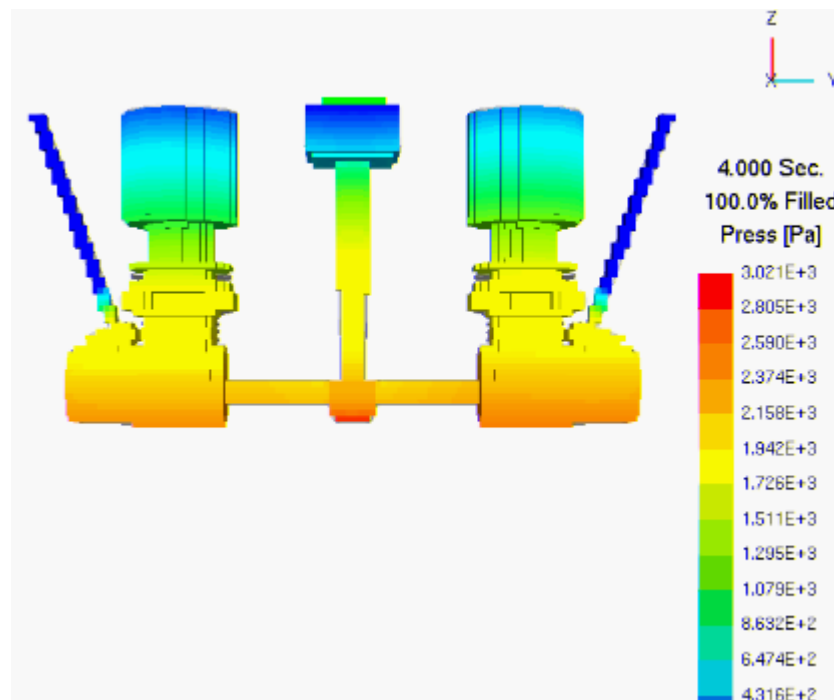




Laboratorio de materiales Universidad de Antioquia

En esta grafica observamos la presión de la pieza en la fundición como se puede observar la parte inferior es la que mayor presión posee y la superior llegando al cero de color azul, esta bien distribuida además la mazarota genera una buena presión en la parte de los disipadores de calor esto con el fin de que todas las cavidades este bien llenas y no generar imperfectos en la pieza.

Ilustración 44. Presiones dentro del molde SOLIDcast



Laboratorio de materiales Universidad de Antioquia

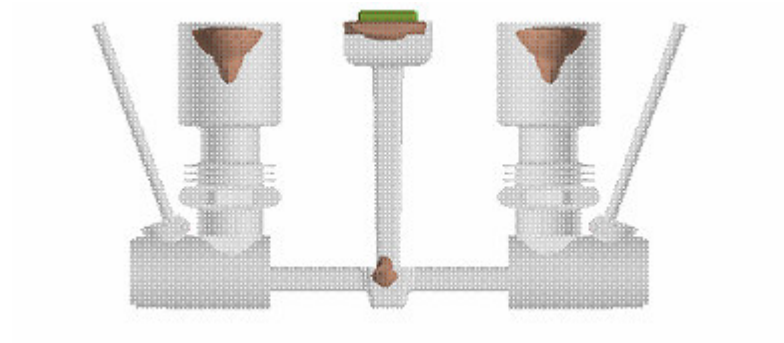
18.3 DEFECTOS DE LA FUNDICIÓN

Después de ver la secuencia de llenado se ve como llena de forma completa el molde sin dejar espacios o burbujas de aire dentro del molde, dando una idea de que el aire que tenía el molde fue bien evacuado de el por las salidas superiores ya sean por donde están los alimentadores o por la salida que esta encima del bloque en la sección del carburador que por su geometría muestra que por gravedad puede ocultar aire en el llenado del molde, en siguiente la figura

podemos observar como al terminar la solidificación no se presentan daños graves en la pieza como lo son las contracciones o rechupes.

Se esperaba que estas se concentraran en los alimentadores como ocurrió efectivamente

Ilustración 45. Defectos de la solidificación.



SOLIDcast, 2008

19. CAUSAS DE ERROR

Es importante saber que no todas las variables reales se pueden simular en programas computacionales por algo grado de complejidad, a continuación se comentaran algunas causas por las cuales no se pueden tener en cuenta.

- Para el enmallado de una pieza se utiliza como una estructura de un lego, cubitos sobre cubitos estos, pueden tener diferencia de tamaños haciendo mucho más complejos los resultados cuando estos son cada vez más pequeños los bloques, ya que este programa de SOLIDcast trabaja por enmallado como los programas de elementos finitos.
- Al no tener en cuenta las salidas de los gases acumulados en la fundición porque estos necesitan salidas de máximo 1.2mm el programa no las tiene en cuenta y no podemos observar el comportamiento de estas debido a la forma como trabaja el enmallado ya que este no puede hacer detalles tan finos como estas salidas.
- Al tener un enmallado más fino se obtendrán resultados más confiables, esto es importante aunque sea más demorado el procesamiento tendrá un mejor comportamiento del mismo, desafortunadamente una sola simulación puede tomar tiempos de más de 24 horas dependiendo de la estación de computo que se posea.

20. CONCLUSIONES

- Al momento de tomar una decisión de fundir una pieza se deben tener en cuenta muchos factores que se involucran tales como el proceso de fundición, los maquinados requeridos, los tipos de materiales que se necesitan, tales como tipos de fundiciones, cuales son mejores tanto para los moldes como para la aleación, buscando siempre el mejor balance costo beneficio.
- Se deben tener claros los procesos para realizar los moldes de coquilla como son los cálculos de partes importantes del molde, estos son los alimentadores de la colada y los respiraderos o mazarotas, al tener estos requerimientos listos se proceden a diseñar el molde.
- Se tomo la decisión del proceso del modelo por coquilla para su fabricación por los buenos resultados que se logran en los acabados finales, debido que las fundiciones por arenas no llegan a tan altos detalles que posee la pieza, en el diseño se dejan todos los datos necesarios del modelo del bloque motor para su fabricación.
- Se hacen simulaciones para ver el comportamiento del diseño propuesto del molde y se obtienen los resultados para dicho modelo, como se mostró se puede obtener un modelo de buena calidad eso si aclarando que el programa no puede simular las salidas de los gases de la aleación.
- Es vital alejar los puntos más calientes de la fundición para que no genere puntos de alta temperatura y al momento de enfriarse estos puntos generalmente logran dañar las piezas por dilataciones o rechupes en estos puntos, en las simulaciones se observó cómo estos puntos más calientes de la fundición no ingresaron en el molde.
- Es importante tener en cuenta las contracciones de los materiales al solidificarse tanto la aleación como el molde de acero ya que este presenta un

tratamiento térmico en la superficie del molde generando una contracción del móldelo en aproximadamente un 2% y considerando también las contracciones que sufre el material que es vertido en el molde en este caso aluminio, debido a que este, cuando se empieza a solidificarse sufre contracciones que son de aproximadamente del 6% del volumen original. El molde al ser diseñado es importante poner estos aspectos en el programa CAD con un margen en el molde que en este caso llegarían a ser del 9% en sus dimensiones, contrarrestando el fenómeno de la contracción.

- Una ventaja que se encontró en la muestra que se entregó a análisis a la universidad de Antioquia fue saber con exactitud qué tipo de fundición era de aluminio encontrando unas grandes ventajas como se describió en este documento sobre las fundiciones aluminio silicio que entre las mejores propiedades entre maquinabilidad y tratamientos térmicos, posee una gran virtud para fundiciones y su facilidad de moldearse a geometrías difíciles como son las aletas de disipación de calor que posee este bloque motor.
- El diseño de los canales de alimentación resultaron óptimos para estar en el rango descrito de velocidades de la alimentación de la colada en el molde a 4 segundos, no teniendo que optar por hacer una salida más grande del canal o gates hacia el bloque motor para disminuir la velocidad pero aumentando el uso de más aluminio en los canales debido a que esta reducción de velocidad aumenta el volumen del canal.
- Por medio de la ubicación de los canales de alimentación de la colada y el canal de alimentación para la mazarota y respiraderos de gases, estos no generaran ningún problema de terminado en la pieza ya que se tuvo en cuenta estos lugares para poder ser eliminadas sus imperfecciones con los maquinados que se le harán más adelante a la pieza y borrando por completo estos lugares.

BIBLIOGRAFÍA

BENJAMIN LOPEZ, D , Manual de la Motocicleta , Madrid España, Editorial: Cultural S.A, 2005 Paginas [21-30] ISBN 8480558334, 9788480558334

CAMPBELL, John Castings. Londres: Editorial Butterworth Heinemann, 1991. pp. 105-108, 115-121. ISBN0-7506-1696-2.

GHOSH, Amitabha. Manufacturing Science. Estados Unidos de América, New York: Editorial Ellis horwood limited, 1986. pp. 43-67. ISBN 0-7458-0059-9
ISBN 0-7458-0073-4 ISBN 0-470-20312-9

HEINE LOPER, Rosenthal. Principles of Metal Casting, Second edition. Estados Unidos de América, New York. Editorial McGraw-Hill Book Company, 1967. pp. 210-22, ISBN 07-027896-2

HOWARD F, Taylor. Fundición para Ingenieros Madrid, España, Editorial: Compañía editorial continental S:A , 1962. pp. 168-180. ISBN 0-470-26712-8

HOWARD, E. D. Tratado Práctico de Fundición. Segunda edición. Madrid, España. Editorial: Aguilar1, 1962. pp. 124-129. Registro 3428-53.

MIKELL P, Groover. Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos y Sistemas. Editorial: Prentice Hall, 1997. pp. 272-275. ISBN: 9688808466, 9789688808467

STEPANOV, Titov. Tecnología del Proceso de Fundición. Madrid España, Editorial Pueblo Y Educación, 1990. Registro B1172511

VELÁSQUEZ, Carlos Mario. Defectología y Calidad de las Piezas Fundidas, Editorial EAFIT, Mayo 26 a Junio 26

REFERENCIAS DE INTERNET

@ Apuca, 2002

Funcionamiento motor 2 tiempos modelismo. [En línea] [Citado: 01 de Abril de 2008] Disponible en: <<http://www.apuca.com.ar/NOTAS/Motores4.htm>>

@Arte 6

Descripción de procesos en fundiciones por cera perdida [En línea] [Citado: 01 de Septiembre de 2008] Disponible en:
<<http://www.arte6.com/Arte6/Bienvenida.html>>

@interempresas, 2008

Guai para comparas industrielles de matérielles. [En línea] [Citado: 15 de Octubre de 2008] Disponible en: <<http://www.interempresas.net/PrimeraPagina/>>

@ Monografías, 2008

TECNOLOGÍA DE LA ULTRA PRECISIÓN. [En línea] [Citado: 01 de Abril de 2008] Disponible en: <<http://www.monografias.com/trabajos16/industria-ingenieria/industria-ingenieria.shtml#TECNOLOG>>

@Wikilibros, 2008

Colección de libros de texto de contenido libre, 2006. Disponible en:
<<http://es.wikibooks.org/wiki/Imagen:Casting>>